

Издатель

Издатель
Siemens Aktiengesellschaft
Сектор энергетики
Freyeslebenstrasse 1
91058 Erlangen, Germany
www.siemens.com/energy

Сектор инфраструктуры и городов Wittelsbacherplatz 2 80333 Munich, Germany www.siemens.com/infrastructure-cities Publishing House: Publicis Pro, Erlangen, Germany

DTP: Mario Willms Publicis Pro, Erlangen, Germany

Выпуск 7.0

© 2012 by Siemens Aktiengesellschaft Munich and Berlin, Germany.

Уважаемые читатели!

Этот обновленная версия хорошо известного Справочника по энергетике (Power Engineering Guide) представляет собой руководство для каждого, кто связан с производством, передачей и распределением электроэнергии - от разработки систем до реализации и управления. Цель данного руководства - помочь инженерному, ремонтному персоналу, проектировшикам и научным руководителям. а также стажерам/практикантам и преподавателям в области электротехники и энерготехнологий. Также мы надеемся, что данный Справочник будет полезен и как руководство по техническим вопросам, а также поможет в процессе обучения в данной технической области.

В данном справочнике идет речь обо всех продуктах Siemens, предназначенных для передачи и распределения электроэнергии, включая высокое, среднее и низкое напряжение, распределительные устройства, трансформаторы и коммутационную аппаратуру. Справочник составлен в соответствии с конкретными продуктами и задачами. Он также описывает решения в области интеллектуальных сетей - автоматизации и управления в энергетике, сетевых коммуникаций, а также сервиса и поддержки. Ключевые термины и аббревиатуры приведены в приложении. Также в справочнике приводятся ссылки на соответствующие ресурсы в интернете для получения более подробной информации.

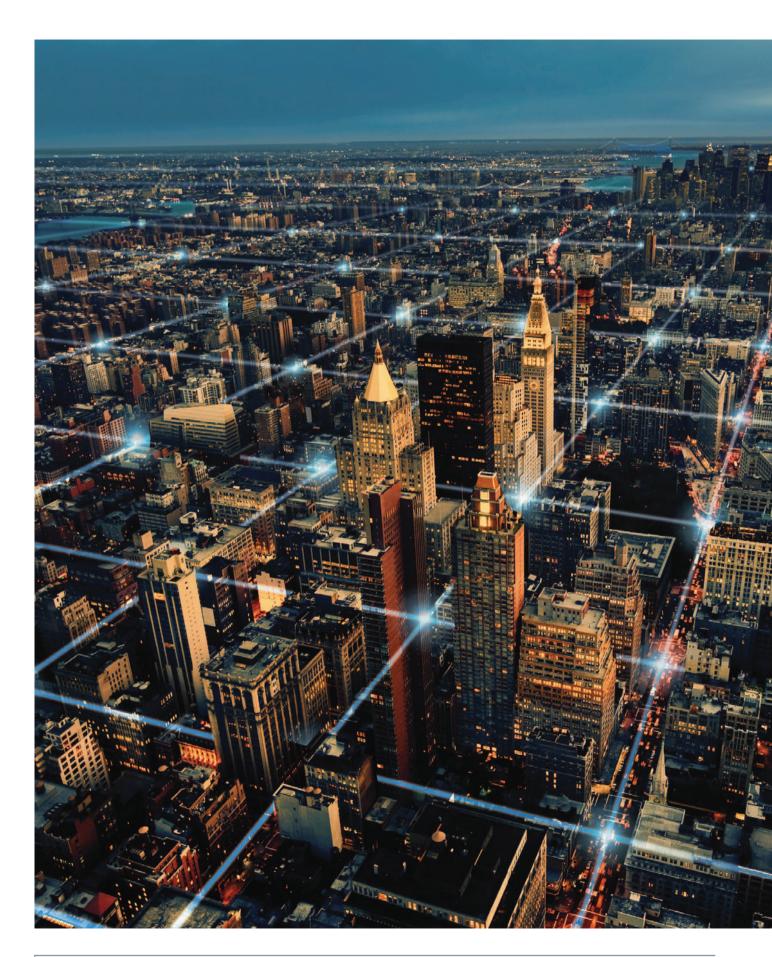
Siemens AG - мировой лидер в области электроники и электротехники. Продукты, системы и интегрированные комплексные решения Siemens помогают пользователям в решении широкого круга задач. Компания предоставляет ключевые технологии будущего и устанавливает мировые стандарты. Все наши разработки и инновации отличаются энергоэффективностью, экономичностью, надежностью, устойчивостью и экологичностью. Перечень продуктов включает решения по передаче и распределению электроэнергии, решения для интеллектуальных сетей, для низкого и среднего напряжения, а также автоматизации в энергетике.

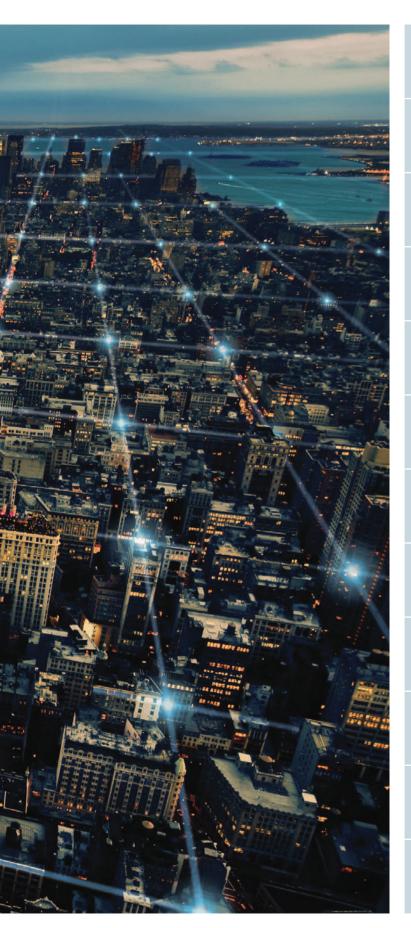
Важность электроэнергии особо подчеркивается быстрым расширением сферы ее применения. Также следует отметить, что требования к надежности и качеству будут постоянно расти в ближайшие десятилетия. Чтобы помочь потребителям справиться с грядущими непростыми задачами, достичь успеха и дальнейшего роста, мы продолжаем работать над оптимизацией и улучшением нашей линейки продуктов.

В настоящее время в дополнение к "традиционному" оборудованию для передачи и распределения электроэнергии перечень продукции включает широкий спектр дополнительных услуг. Мы предлагаем сетевым операторам, потребителям электроэнергии, планировщикам и разработчикам энергосистем дополнительную выгоду от применения интегрированной системы передачи данных и автоматизации в энергетике. Наш спектр услуг включает планирование, техническое обслуживание и ремонт всех систем электроснабжения.

Благодаря нашему обширному опыту в организации проектов по всему миру, мы предоставляем энергетическим и промышленным компаниям. городам. градостроителям и городским узлам (аэропорты и гавани) экономически эффективные и индивидуальные для каждого заказчика решения. Вы всегда можете связаться с Вашим местным отделом продаж Siemens. Контактную информацию Siemens в вашем регионе вы можете найти по ссылкам www.siemens.com/energy и www.siemens.com/infrastructure-cities.

Редакция Справочника по энергетике





Интеллектуальные сети и новый этап в энергетике	6	1
Решения по передаче и распределению электроэнергии	14	2
Распределительные устройства и подстанции	64	3
Продукты и устройства	142	4
Трансформаторы	224	5
РЗА подстанций, качество электроэнергии и измерения	254	6
Управление электроэнергетическими системами	408	7
Решения для коммуникаций в интеллектуальных сетях	448	8
Планирование энергосистем	470	9
Сервис и поддержка	482	1
Глоссарий	498	1
Аббревиатуры, торговые марки	506	1

1 Интеллектуальные сети и новый этап в энергетике



Рис. 1-1 Siemens предлагает законченные коммуникационные решения по созданию интеллектуальных сетей для энергетических компаний.



Электроэнергия является основой нашей экономики и играет важную роль в каждом аспекте современной общественной и культурной жизни. Тем не менее, постоянный доступ к электроэнергии не гарантирован. Чтобы соответствовать мировым потребностям, мы постоянно сталкиваемся с непростыми задачами в обеспечении оптимальной выработки, передачи и распределения эпектроэнергии

Мировой спрос на электроэнергию устойчиво возрастает на 3% в год, быстрее, чем рост мирового спроса на первичную энергию, возрастающий на 2% в год. Существует много факторов, влияющих на этот процесс, включая быстрый рост численности населения и увеличение продолжительности жизни. Продолжает ускоряться процесс урбанизации, и необходимо поставлять все большие объемы электроэнергии в густонаселенные территории, причем обычно на значительные расстояния. Также постоянно возрастает плотность и сложность городских систем электроснабжения (рис. 1-1).

С другой стороны, ископаемые виды топлива становятся все более дефицитными, а поиск и добыча нефти и газа становятся более дорогими. Для снижения угрозы изменения климата необходимо снижать выбросы углекислого газа по всему миру; для систем электроснабжения это означает увеличение интеграции возобновляемых источников энергии, таких как гидро-, ветро- и солнечная энергия. Также это означает увеличение энергоэффективности систем электроснабжения для защиты окружающей среды и климата, а также для удержания цен на электроэнергию под контролем. Рост рынка международной торговли электроэнергией, подкрепляемый либерализацией рынка электроэнергии и интеграцией энергетических сетей в пределах целых регионов, требует больше инвестиций в электроэнергетические системы для обеспечения стабильности работы системы и надежного электроснабжения.

Для решения всех этих задач необходима развитая и гибкая инфраструктура, интеллектуальное производство электроэнергии и "умные" дома. Для достижения этих целей потребуется фундаментальный переход от однонаправленного потока энергии и связи к реверсивному потоку энергии. (рис. 1-2). В традиционных системах электроснабжения генерация электроэнергии определяется нагрузкой, но в будущем, потребление электроэнергии будет определяться генерацией, а не наоборот.

Современные и будущие системы энергоснабжения должны объединять все виды генерации электроэнергии для сокращения растущих дистанций между источниками электроэнергии, например, морскими ветроэлектростанциями и потребителем.

Задачи, стоящие перед интеллектуальными сетями, настолько многообразны, насколько они захватывающи и амбициозны. Вместо перегрузок, нехватки ресурсов и длительных отключений интеллектуальные сети будут гарантировать надежность, устойчивость и эффективность электроснабжения. Системы связи и обработки информации в пределах сети будут постоянно расширяться и автоматизироваться. Значительно возрастет уровень автоматизации, а оснащенные соответствующим образом «умные» подстанции помогут снизить стоимость и трудозатраты на планирование и эксплуатацию. Постоянный и всеобъемлющий мониторинг улучшит условия работы предприятий и электросети.

Распределенная система генерации и накопители электроэнергии будут объединены в виртуальные электростанции так, что они смогут принимать участие в развитии рынка сбыта. Устойчивость к повреждениям будет значительно снижена с применением "самовостанавливающихся" систем, которые отслеживают и резервируют повреждения на локальном уровне. Потребитель будет выступать в качестве конечного пользователя с использованием интеллектуальных счетчиков энергии, которые обеспечат лучший контроль над потреблением энергии, и в целом сделают управление энергопотреблением проще, исключая пики нагрузок, за счет тарифов. Потенциал интеллектуальных сетей огромен и включает в себя использование зданий и электротранспортных средств, объединенных в сеть в качестве контролируемых потребителей энергии, генераторных и накопительных модулей.

Технологии связи и обработки информации формируют важное звено между генерацией, передачей, распределением и потреблением энергии. Интеллектуальные сети создадут сплошную структуру, оптимизируют производство электроэнергии и уравновесят изменяющийся режим генерации с режимом потребления (рис. 1-3).

Siemens играет ведущую роль в создании и расширении интеллектуальных сетей. Siemens не только занимает исключительное положение в области передачи и распределения энергии, но и является лидером в области автоматизации в энергетике, что играет решающую роль в создании интеллектуальных сетей.



Рисунок 1-2: Силовая матрица «Энергетическая система» трансформируется. Распределенная система генерации электроэнергии развивается, увеличивая сложность системы. Энергетическая цепочка развивается в многогранную систему с огромным числом новых участников - в силовую матрицу. Это отражает действительность энергетической системы. Индивидуальные силовые матрицы появляются в каждой стране и регионе в зависимости от конкретной обстановки, трудностей и задач. Siemens знает рынок и потребности своих заказчиков и предлагает инновационные и перспективные решения для любой части силовой . матрицы.



Рис. 1-3: Интеллектуальная сеть гарантирует, что источники возобновляемой энергии смогут лучше интегрироваться в общую систему благодаря двухстороннему перетоку энергии(оранжевая линия) и реверсивному обмену коммуникационными данными (синяя линия). Тогда как генерация энергии в традиционных системах зависит от уровня потребления, интеллектуальная сеть способна контролировать потребление в зависимости от доступности электрической энергии в сети.

Интеллектуальные сети и новый этап в энергетике

Планирование сети

Построение интеллектуальной сети это чрезвычайно сложная задача, которая начинается с количественной оценки системных требований, определения точных актуальных задач и требуемого уровня исполнения, а также детализации концепций системы и оборудования. В результате требуется комплексный подход к построению интеллектуальной сети, включая ту часть сети, которая относится к системе электроснабжения.

Основой для проектирования эффективной интеллектуальной сети является детальный анализ требуемого уровня качества системы. Это ключевая задача для стратегического планирования сети. Сохранение строгой направленности на систему в целом гарантирует, что ее структура и конфигурация обеспечит необходимый уровень качества, а также обеспечит выполнение других требований. Решение будет включать в себя самые инновационные технологии в области производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии с учетом изменений во времени каждой системы и текущих условий. В большинстве случаев невозможно осуществить переход от современных систем энергоснабжения к интеллектуальной сети будущего за один шаг. В данном случае требуется пошаговый план модернизации.

См. гл.9, стр. 478

Силовая электроника (ЛЭП ВН ПТ/FACTS)

Решения Siemens в области силовой электроники для линий электропередач высокого напряжения на постоянном токе (ВНПТ) и гибких систем передачи переменного тока (FACTS) направлены на решение наиболее сложных задач в области передачи энер-

Утройства FACTS могут значительно повысить производительность существующих систем передачи переменного тока (АС) и увеличить максимальные расстояния передачи электроэнергии на переменном токе за счет баланса потребления реактивной мощности в системе. Компенсация реактивной мощности используется для контроля напряжения переменного тока, увеличивая устойчивость и уменьшая потери при передаче электроэнергии.

Самые современные устройства FACTS включают в себя фиксированные продольные компенсаторы (FSC), управляемые тиристорные продольные компенсаторы (TCSC) или статические компенсаторы реактивной мощности(SVC) для динамической поперечной компенсации. Последнее поколение компенсаторов Siemens SVC называется SVC PLUS. Это стандартизованные компактные устройства, которые могут с легкостью применяться в требуемых условиях сети. Например, позволить подключить крупную морскую ВЭС.

Технология переменного тока доказала свою эффективность в производстве, передаче и распределении электрической энергии. Однако, существуют задачи, которые не могут быть эффективно решены с точки зрения экономики или с точки зрения точности техники при использовании переменного тока. Такие задачи включают в себя передачу энергии на очень большие расстояния между станциями, работающими асинхронно или на разных частотах. Напротив, уникальная особенность систем ВНПТ - это их способность передавать энергию в сети, которые не могут допустить дополнительного увеличения тока короткого замыкания.

Передаваемая мощность одной системы ВНПТ в последнее время была увеличена за счет системы передачи постоянного тока ультра высокого напряжения (УВНПТ). При мощности свыше 7 ГВт и низком уровне потерь передача УВНПТ это наилучшее решение, гарантирующий высокую эффективность передачи энергии на расстояния 2000 км и больше. Электроэнергетические сети сверхвысокого напряжения, основанные на УВНПТ, может соединять регионы, находящиеся в разных климатических зонах и часовых поясах, позволяя использовать сезонные изменения,

географические и суточные особенности для получения максимальной выгоды.

Новейшая разработка компании Siemens в области ВНПТ передач называется HVDC PLUS. Ее ключевой компонент – инновационный модульный многоуровневый преобразователь (ММС), который работает практически без гармоник. Преобразовательные подстанции HVDC PLUS очень компактны, поскольку в данном случае нет необходимости в применении сложных сетевых фильтров. Эта особенность делает HVDC PLUS особенно подходящими для установки на морские платформы, например, при подключении ВЭС.

См. гл. 2.2, стр. 19 (HVDC) и гл. 2.4, стр. 27 (FACTS)

Объемная интеграция возобновляемых источников

Для выполнения плана требований по охране климата до 2020 года необходимо повышать энергоэффективность и снижать выбросы углекислого газа. Соответствующим образом должна измениться генерация энергии. Большие электростанции будут продолжать поддерживать базовую генерацию, но также будут использованы возобновляемые источники энергии, которые локально меняют уровень генерации в зависимости от погоды и других условий.

Система управления энергопотреблением (EMS)

На электростанциях основное внимание уделено обеспечению надежности снабжения с эффективным использованием генерирующих ресурсов и снижением потерь на передачу энергии. Система управления энергопотреблением (EMS) контролирует это за счет удовлетворения требованиям системы передачи, элементов генерации и потребителей. Интеллектуальные системы аварийной сигнализации (IAPs) снижают предельное время, необходимое для анализа повреждений в сети и устранения неисправностей, а также снижают риск от ошибочного анализа. Приложение Анализатор стабильности напряжения (VSA), работающее автоматически и независимо, оповещает оператора перед появлением критической ситуации, которая подвергает опасности стабильность напряжения, давая оператору время для принятия превентивных действий, избегая принятия решений в условиях стресса. Повышение надежности работы сети обеспечивается за счет Системы оптимального потокоразделения (ОРF), которая работает постоянно, решая задачу поддержания уровня напряжения, и позволяет избежать неверных условий работы. Любые требуемые контрольные измерения могут выполняться автоматически в режиме управления с обратной связью.

Использование самых эффективных средств - это сложная задача в условиях растущих ограничений по воздействию на окружающую среду, усиления конкуренции на рынке и роста сложности договорных отношений. Интегрированный набор тесно взаимодействующих инструментов, начиная с офис-приложений, таких как годовое планирование оптимизации ресурсов и техническое планирование графиков нагрузки агрегатов электростанций и графика нагрузки ГЭС на неделю или сутки вперед, до онлайнконтроля с обратной связью генераторных установок гарантирует максимальную эффективность работы, основанную на мощных алгоритмах оптимизации и математических моделях. SCUC (Модуль управления составом оборудования с учетом системных ограничений) стал важнейшим средством для управления самым сложным рынком энергоресурсов в Калифорнийском МКС. SCUC увеличивает эффективность сети и рынка, уменьшает барьеры для использования альтернативных источников энергии, таких как генерация, управляемая спросом, и экологически чистая генерация и предоставляет диспетчерам новые инструменты для управления электропередачей в «узких местах» (с малой пропускной способностью) и для распределения нагрузки по наиболее дешёвым электростанциям.

См. гл. 7, стр. 402

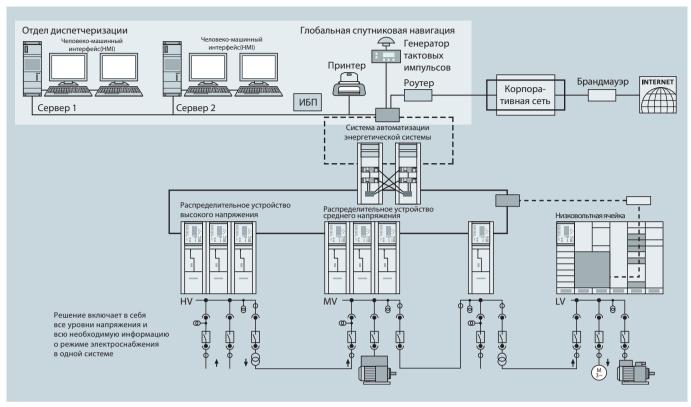


Рис. 1-4: Интеллектуальные системы автоматизации подстанций

Интеллектуальная автоматизация подстанций и защита

Для точного соответствия растущим требованиям будущих интеллектуальных сетей необходимо усовершенствовать автоматизацию и защиту подстанций. Подстанция на стадии сооружения является точкой сбора всей информации в обслуживающей IT сети от распределительных сетей до конечного потребителя. Например, данные об устройствах автоматики питающих линий, качестве электроэнергии, счетчиках, распределенных (децентрализованных) источниках питания и системах бытовой автоматики будут собираться и анализироваться для дальнейшего улучшения системы. Помимо новых сложных задач интеллектуальных сетей, традиционные задачи по защите, контролю и автоматизации должны выполняться максимально эффективно. Задачи, возложенные на подстанции, начинают расширяться за рамки стандартных функций, охватывая эксплуатацию, техническое обслуживание и требования безопасности. Интеллектуальные решения для подстанций и их отдельные компоненты должны проектироваться с учетом общих тенденций и рамок. Использование микропроцессорных вводных ячеек, открытой ІЕС 61850 архитектуры связи, мощных компьютеров на подстанциях, модулей обработки данных и местных накопителей позволяет реализовать этот подход. Автоматизированная подстанция для интеллектуальной сети должна включать в себя все аспекты интеллектуальных вычислительных средств - от средств защиты, автоматики и дистанционного управления до устройств операционной безопасности перспективной системы сбора данных. Выходя за рамки традиционной концепции управления и защиты, новые автоматизированные подстанции должны удовлетворять потребностям операторов и обслуживающего персонала, чтобы стать лучшей в своем классе системой, которая проста как с точки зрения управления, так и с точки зрения обслуживания. Интеллектуальная система автоматизации подстанций гарантирует быстрое и, самое главное, точное срабатывание в случае непредвиденных системных событий. Возможность надежного электроснабжения может быть гарантирована только при рассмотрении системы

электроснабжения в целом (рис. 1-4).

Интеллектуальные системы автоматизации подстанций нацелены на решение следующих задач:

- Гарантированное и надежное электроснабжение
- Гарантия высокого уровня защиты устройств и людей
- Снижение количества ручных переключений для увеличения скорости операций по самовосстановлению нормальной работы системы
- Реализация интеллектуального дистанционного контроля, определения и составление отчетов об ошибках
- Возможность профилактического тех. обслуживания в соответствии с текущим техническим состоянием
- Поддержка технологии «plug-and-play» (включил и работай) при разработке и тестировании
- Упреждающая информация от распределительных подстанций для всех заинтересованных сторон
- Снижение затрат на монтаж и эксплуатацию

Решения Siemens в области интеллектуальных систем автоматизации подстанций всегда выполняются в соответствии со специфическими требованиями каждого заказчика. Использование стандартных компонентов позволяет системе развиваться во всех направлениях. Решения Siemens предлагают полностью интегрированный и автоматизированный подход к эксплуатации подстанций в нормальных и аварийных ситуациях. Система является гибкой и открытой для дальнейшей модернизации, облегчая развитие подстанций с одновременной интеграцией новых функций интеллектуальных сетей.

См. гл. 6, стр. 254

Интеллектуальные сети и новый этап в энергетике

Интегрированный мониторинг состояния подстанции (ISCM)

Интегрированный мониторинг состояния подстанции - это модульная система для мониторинга всех действующих компонентов подстанции, начинания от трансформаторов и распредустройств до воздушных линий электропередач и кабелей. Основанная на известных и проверенных устройствах телеметрии и автоматизации подстанций, ISCM предоставляет комплексное решение, отлично подходящее к условиям подстанции. Она постепенно интегрируется в уже существующую коммуникационную инфраструктуру и отображает текущую информацию от станций и управляющего центра.

См. гл. 10.1.3, стр. 488.

Коммуникационные решения

Новый этап в электроэнергетике характеризуется сочетанием как централизованной, так и децентрализованной генерации электроэнергии, что требует реверсивного потока энергии, включая энергию от «умных» домов и жилых районов, где потребители становятся «злоупотребляющими». Ключевая предпосылка для этой парадигмы это однородная прямая связь между конечными пунктами, которая обеспечивает достаточную пропускную способность для всех элементов сети.

Телекоммуникационные системы для силовых линий электропередачи имеют длинную историю в электроэнергетической промышленности. На сегодняшний день в магистральных сетях почти все подстанции интегрированы в общую сеть передачи данных, что позволяет обеспечить онлайн-мониторинг и контроль с помощью системы управления энергопотреблением (EMS).

В распределительных сетях ситуация немного другая. В то время как высоковольтные подстанции чаще оборудованы цифровой связью, информационно-коммуникационная инфраструктура на нижних распределительных уровнях очень слаба. В большинстве стран менее, чем 10% трансформаторных подстанций и блоков кольцевых магистралей (RMU) могут контролироваться и управляться удаленно.

Коммуникационные технологии продолжают быстро развиваться последние несколько лет, и Ethernet стал утвержденным стандартом в секторе электроснабжения. Международные стандарты связи, такие как IEC 61850, в дальнейшем облегчат обмен данными между различными партнерами по системе связи. Тем не менее, последовательные интерфейсы продолжают играть роль в малых системах.

Из-за демонополизиации рынка электроэнергии, разделения организационной структуры с вертикальной интеграцией, резкого увеличения децентрализованного производства энергии и растущей потребностью в применении интеллектуальных сетей, требования к коммуникациям быстро возрастают. Это касается не только увеличенной пропускной способности, но и также новыми требованиями интеллектуальных сетей, такими как интеграция RMU и частных домов в энергосистему общего пользования.

Для этих сложных коммуникационных требований Siemens предлагает индивидуальные и эффективные коммуникационные сетевые решения для оптоволоконных, силовых линий и беспроводных устройств, основанных на стандартах энергетической промышленности.

Важный элемент в создании и эксплуатации интеллектуальной сети это всеобъемлющая, непрерывная связь, обладающая достаточной пропускной способностью и совместимостью с IP/Ethernet. Сети такого типа в конечном итоге должны быть проведены к индивидуальным потребителям, которые будут интегрированы в них посредством системы интеллектуального учёта. Непрерывная сквозная связь помогает удовлетворить требованиям online контроля всех компонентов сети и, кроме всего прочего, создает возможности для развития новых бизнес-моделей для системы интеллектуального учета и интеграции распределенной генерации электроэнергии.

См. гл. 8, стр. 434

Система управления распределительными сетями (DMS)

На сегодняшний день система управления распределительными сетями характеризуется применением ручных операций, основанных на опыте персонала. Используя систему управления распределительными сетями (DMS), возможно создать интеллектуальную, самовосстанавливающуюся сеть путем внедрения следующих улучшений:

- Снижение вероятности появления и продолжительности перебоев в работе за счет продвинутой системы локализации сбоя и алгоритмов реконфигурации сети
- Минимизация потерь за счет улучшенного мониторинга
- Оптимальное использование активов посредством регулирования спроса и распределенной генерации электроэнергии.
- Снижение затрат на техническое обслуживание за счет онлайн мониторинга

Интеллектуальное управление распределительными сетями это один из ключевых факторов для достижения высоких целей интеллектуальных сетей.

См. гл. 7.1, стр. 396 и гл. 7.2, стр. 412.

Система автоматизации и защиты распределительной сети

Предпосылки для комплексной автоматизации и модель защиты определяют требуемый уровень автоматизации и функциональности распределительных подстанций и RMU. Возможно различие между RMU в одной распределительной сети или одном присоединении из-за различий в основном оборудовании или работоспособности связи. Тем не менее, при наличии или отсутствии ограниченного коммуникационного доступа, еще может быть реализован соответствующий возможный уровень автоматизации и функциональности интеллектуальной сети. Следующие уровни автоматизации могут выступать в качестве решения проблемы для модернизации сети на пути к реализации интеллектуальной

Локальная автоматизация (без систем связи)

- Секционный разъединитель (с автоматическим восстановлением после сбоя путем использования последовательных переключений).
- Регулятор напряжения (автоматическое регулирование напряжения для протяженных фидеров).
- Блок управления устройством АПВ (автоматическое повторное включение выключателей ВЛ).

Только мониторинг (односторонняя связь с распределительной подстанцией или центром управления)

Механизм передачи сообщений (например, индикаторы коротких замыканий с односторонней связью с распределительной подстанцией или центром управления для быстрого определения места повреждения).

Управление, мониторинг и автоматизация (двухсторонняя связь с распределительной подстанцией или центром управления)

- Дистанционный датчик распределительной автоматики (DA-RTU) с мощной связью и соответствующим уровнем автоматизации применим для выполнения следующих функций интеллектуальных сетей, в частности:
 - Автоматизированные режимы по восстановлению нормальной работы
 - На узловой станции для применения в области качества электроэнергии
 - Накопитель данных для интеллектуальных систем учета
 - На узловой станции для децентрализованной генерации энергии
 - На узловой станции для применения в области регулирования спроса

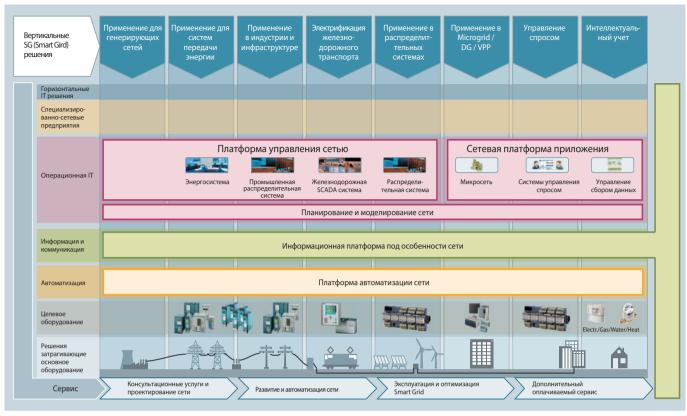


Рис. 1-5: Siemens представляет свой набор услуг для интеллектуальных сетей Smart Grid Suite. Smart Grid Suite включает в себя все необходимое для интеллектуальных сетей: аппаратное и программное обеспечение, IT -решения и сервис для развития интеллектуальных сетей. Это относится не только к электроэнергетическим сетям, но также к газовым сетям, водоснабжению и сетям центрального отопления. Решения Siemens также включают в себя сети электроснабжения для электрификации железнодорожного транспорта.

Защита, управление, мониторинг и автоматизация (двухсторонняя связь с распределительной подстанцией или центром управления)

Блок управления устройством АПВ для воздушных линий электропередач в сочетании с АПВ выключателей с расширеннымми функциями защиты, с перспективными средствами связи и автоматизации

Для выполнения всех этих требований в системе автоматики питающих линий в интеллектуальных сетях, необходим модульный подход к защитному, контрольному и коммуникационному оборудованию. Siemens предлагает полный набор решений для каждого уровня интеллектуальной сети:

- Надежное основное и вспомогательное оборудование для устойчивой работы при наружной установке
- Гибкие блоки управления вводом/выводом, адаптированные к специфическим требованиями RMU, например, непосредственное управление выключателями с моторным приводом и получение данных с датчиков RMU
- Оптимизированные СРU (центральные процессоры) с расширенными функциями автоматизации и защиты для обеспечения безопасного и надежного электроснабжения, с автоматизированными функциями восстановления системы и удобным удаленным доступом
- Надежные источники (аварийного) питания для питания всех компонентов RMU, например для работы привода коммутационной аппаратуры, работы системы отопления компонентов, используемых для наружного применения или поддержания работы блока управления и модуля связи
- Перспективная высокоскоростная передача данных между различными инфраструктурами, например, GPRS-/GSM модем,волоконно-оптические системы и ВЧ связь по ЛЭП.

- Многоканальные проколы связи, такие как МЭК (IEC) 61850 и DNPi для возможности связи RMU с распределительной станцией, центром управления и с конечным потребителем.
- Функция модулярного, стабильного управления для соответствия специфическим требованиям интеллектуальных сетей, таких как определение и локализация места повреждения, функции быстродействующего АПВ после повреждения, регулирование напряжения и потокораспределения и многое другое.
- Удобные в использовании, мощные технические средства с полной интеграцией их в технологический процесс системы автоматизации распределительной сети для максимально эффективного повторного использования данных.
- Открытые интерфейсы для всех компонентов системы, позволяющие внедрение других приложений. Другими словами, система, которая оборудована для дальнейшей модернизации интеллектуальной сети

Для управления этими задачами в глобальной перспективе крайне важно полностью осознавать общую структуру распределительных сетей: основное и вспомогательное оборудование, уровни напряжения (начиная от высокого и среднего, до низкого напряжения), компоненты внутренней и наружной установки, а также множество местных нормативных актов и правил. Большая польза получается от использования гибких компонентов из одной функциональной линейки для различных устройств автоматики питающих линий. Siemens обеспечивает это и многое другое, используя свой обширный ассортимент Системы Автоматизации Энергетических Систем с расширенными возможностями, который превращает мечту об интеллектуальных сетях в реальность.

Интеллектуальные сети и новый этап в энергетике

Распределенные источники энергии (DER)

Введение распределенных источников энергии открывает совершенно новую концепцию - виртуальная электростанция. Виртуальная электростанция соединяет множество маленьких станций в общий энергетический рынок совершенно новым образом. Это делает возможным использовать такие каналы сбыта, которые не были бы доступны отдельным станциям. Соединенные вместе в одну сеть, электростанции могут работать гораздо эффективнее, а значит и более экономично, принося выгоду организациям, эксплуатирующих распределенные генерирующие станции.

В виртуальной электростанции система децентрализованного управления производством электроэнергии и связь с генераторным оборудованием играют особую роль, и, благодаря продуктам Децентрализованная система управления производством электроэнергии (DEMS) и блоку управления распределенными источниками энергии (DER controller)контроллеру, эффективно реализуются. Центральным элементом (узлом) является DEMS, который позволяет осуществлять интеллектуальную, экономичную и экономически приемлимую связь с распределенными источниками энергии. DER controller облегчает связь и специально выполнен в соответствии с требованиями распределенных источников энергии.

См. гл. 7.2.2, стр. 428.

Децентрализованная система управления производством электроэнергии (DEMS)

DEMS, являющаяся ядром виртуальной электростанции, в равной степени подходит для систем собственных нужд, промышленной эксплуатации, организаций, эксплуатирующих функциональные объекты, энергетически независимых районов, регионов и обслуживающих энергосетевых организаций. DEMS использует три инструмента: прогнозирование, оперативное планирование и оптимизация в режиме реального времени - для оптимизации мощности. Инструмент прогнозирования прогнозирует электрические и тепловые нагрузки, например в виде функции зависимости от погоды и времени суток. Прогнозирование генерации энергии от возобновляемых источников энергии также очень важно и базируется на прогнозах погоды и индивидуальных характеристиках станции. Краткосрочное планирование для оптимизации эксплуатационных расходов всего установленного оборудования должно предварительно соответствовать техническим и установленным договором условиям каждые 15 минут в течении максимум одной недели. Рассчитанный план минимизирует расходы на производство электроэнергии и эксплуатацию, по мере того как DEMS управляет экономической эффективностью и соответствует экологическим требованиям.

См. гл. 7.2.2, стр. 428.

Решения для систем интеллектуального учета

Автоматизированная измерительная и информационная система (AMIS) непрерывно записывает данные по энергопотреблению каждого конкретного потребителя, и в дальнейшем потребители смогут получать детальную информацию о своем потреблении энергии. Эксперты оценивают, что использование интеллектуальных счетчиков может сэкономить до 7 ТВт*час электроэнергии или около 2% от общего потребления. Для расширения интеллектуальных сетей Siemens разработал решение для таких сетей, основанное на системе AMIS, которая обеспечивает как интеллектуальное измерение, так и автоматизацию распределительной системы. Кроме того, компания Siemens впервые внедрила в этом приложении функции автоматизации анализа качества энергии и мультимедиа. Например, моментальная оценка мощности - это первое в мире приложение для интеллектуальных сетей, которое обеспечивает синхронизацию информации о состоянии сети, получаемой от интеллектуальных счетчиков AMIS. Также эту информацию дополняют данные о качестве энергии, с помощью которых можно повысить бесперебойность и надежность работы

сети. Также доступны открытые интерфейсы для планшетных компьютеров и смартфонов, с помощью которых графически могут быть отражены данные о потреблении и качестве энергии. С момента, как Siemens приобрел eMete, MDM компанию в Калифорнии, в январе 2012 года, Система управления данными измерений (MDM) EnergyIP также стала частью решений для интеллектуальной сети.

См. гл. 10.3, стр. 494.

Нет сомнений в том, что будущее принадлежит интеллектуальным сетям, и становится очевидно, что производство электроэнергии значительно изменится с момента реализации интеллектуальных сетей. Большие электростанции будут продолжать обеспечивать базовую генерацию, но будут также появляться возобновляемые источники энергии, которые будут вызывать соответствующие изменения в сети. В недалеком будущем станет возможным удобное промежуточное хранение временного избытка энергии в сети с помощью электрических двигателей и стационарных накопительных модулей. Датчики и интеллектуальные счетчики будут включать и выключать эти модули, гарантируя эффективность управления нагрузкой. Начиная с генерации на морских ВЭС и до передачи данных интеллектуальных счетчиков в домах, Siemens является одним из мировых лидеров по поставке продукции, систем и технологий для интеллектуальных сетей.

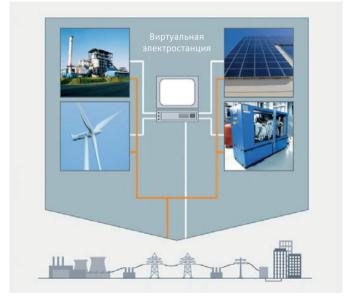
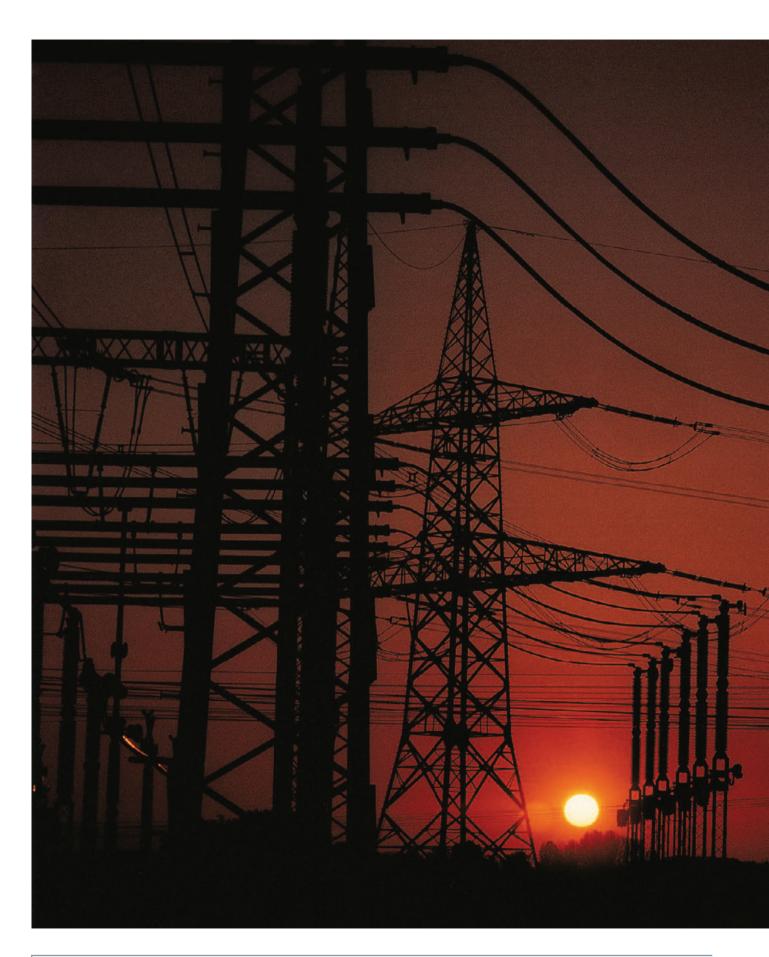
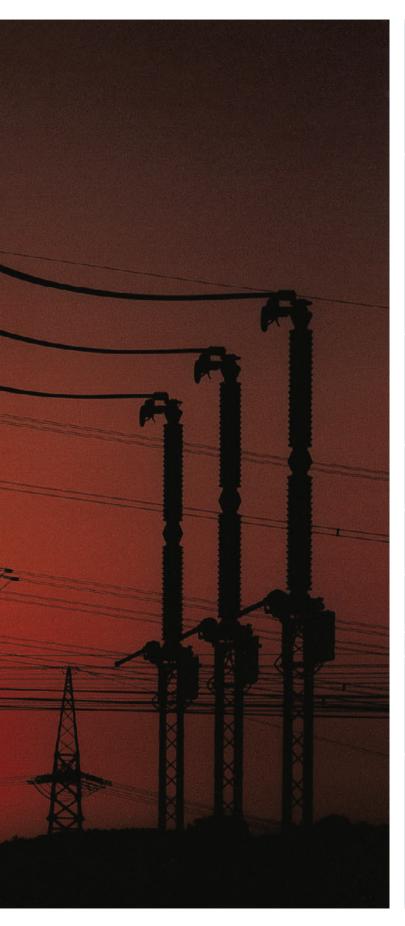


Рис. 1-6: В виртуальной электростанции система децентрализованного управления производством электроэнергии и связь с генераторным оборудованием играют особую роль, и, благодаря продуктам Децентрализованная система управления производством электроэнергии (DEMS) и блоку управления распределенными источниками энергии (DER controller), эффективно реализуются.





2.1	Обзор технологий и сервис	16
2.1.1	Решения для интеллектуальных и «супер сетей» с ВНПТ и FACTS	16
2.1.2	Передача и распределение переменного и постоянного тока	16
2.1.3	Менеджмент целых проектов	18
2.1.4	Партнеры в течении всего жизненного цикла системы	18
2.2.	Передача постоянного тока высокого напряжения (ВНПТ)	19
2.2.1	Технология ВНПТ Siemens	19
2.2.2	Основные типы ВНПТ схем	19
2.2.3	LCC ВНПТ «Классическое» решение	20
2.2.4	Магистральная передача энергии УВНПТ	21
2.2.5	ВНПТ PLUS - На шаг впереди	21
2.2.6	Система управления ВНПТ Win-TDC	22
2.2.7	Услуги	23
2.3	Передача постояннго тока среднего напряжения использованием SIPLINK	c 24
2.3.1	Соединение берег-судно	24
2.3.2	Передача энергии между различными распределительными сетями	25
2.3.3	Надежность и доступность промышленных сетей	26
2.4	Гибкие системы передачи переменного тока	27
2.4.1	Поперечная компенсация	27
2.4.2	Продольная компенсация	29
2.5	Линии электропередач	30
2.5.1	Газоизолированные линии электропередач (ГИЛ)	30
2.5.2	Воздушные линии	34
2.6	Решения для доступа к энергосистеме для децентрализованной выработки энергии	48
2.6.1	Примеры проектов	50
2.7	Решения в области Солнечной Энергии	54
2.8	SIESTORAGE-модульная система накопления энергии	56
2.8.1	Модульная энергетическая система накопления энергии для устойчивого энергоснабжения	56
2.8.2	Идеальное решение для широкого круга приложений	58
2.8.3	Поставщик решений для накопления энергии	59
2.9	SIEHOUSE - электрификационные установки	60
2.9.1	Компактные, мобильные "включай и работай" электрификационные установки для распределения энергии.	60
2.9.2	Идеальное решение для широкого круга приложений	61
2.9.3	Все о лучшем проектировании	62
2.9.4	Полностью интегрированные решения от единого поставщика	63

2 Решения для передачи и распределения энергии

2.1 Обзор технологий и сервис

Подача энергии, генерируемая в разных областях, расположенных на больших расстояниях в общую систему электроснабжения заставляет обращаться к экстраординарным решениям в области передачи и распределения энергии. Несмотря на сложные задачи, существует реальная эффективная возможность соединения в сеть различных регионов, стран или даже континентов. обеспечивая эти территории экономически выгодным доступом к электроэнергии (рис 2.1-1). Siemens со своим обширным опытом в области передачи и распределения электроэнергии, уже реализовал большое количество проектов по сопряжению энергосистем и соединению децентрализованных генераторных установок в общую сеть. В каждом случае условия были уникальными. Поскольку Siemens старается, чтобы его заказчики всегда получали наиболее экономически эффективные решения, и в каждом случае применялись различные и порой уникальные технические решения.

2.1.1 Решения для интеллектуальных и «супер сетей» с ВНПТ и FACTS

Сеть электроснабжения будущего должна быть безопасной, экономически эффективной и экологически чистой. Комбинация этих трех задач решается с помощью интеллектуальных решений и передовых технологий.

Инновационные решения ВНПТ (Передача постоянного тока высокого напряжения) и FACTS (гибких систем передачи переменного тока) имеют достаточный потенциал, чтобы справиться с этими сложными новыми задачами. За счет применения силовой электроники, они обладают свойствами, которые необходимы для избегания технических проблем в энергосистемах, позволяя эффективно увеличить пропускную способность и стабильность системы и помочь избежать каскадных неисправностей.

Видение и стратегия расширения для будущих электросетей отражена, например, в программе для "Smart Grids", которая развилась в рамках Европейской технологической платформы.

Можно отметить следующие особенности будущих интеллектуальных сетей:

- Гибкость: удовлетворение нужд эксплуатации, отвечая на новые задачи и изменения
- Доступность: предоставление коммуникационного доступа для всех пользователей сети, особенно для систем возобновляемой энергии и высокоэффективного местного генерирования энергии с нулевым или низким содержанием выбросов углерода.
- Надежность: гарантирование и улучшение безопасности, а также качества поставок энергии
- Экономичность: обеспечить наилучший результат, используя инновации, эффективный электроменеджмент, равные условия конкуренции и регулирования

Интеллектуальные сети помогут достичь устойчивого развития. Также следует отметить, что стратегия интеллектуальных сетей применима к система в любом другом регионе мира. Интеллектуальные сети помогут достичь устойчивого развития.

Быстро либерализуемый рынок будет стимулировать торговые возможности Интеллектуальные энергетические сети- это необходимый ответ на требования по защите окружающей среды, а также требования общества и политики в области энергоснабжения.

2.1.2 Передача и распределение переменного и постоянного тока

ВНПТ, FACTS и SIPLINK

Сегодняшние системы передачи электроэнергии имеют задачу передачи энергии из пункта А в пункт В надежно, безопасно и эффективно. Также необходимо передавать энергию таким способом, чтобы не наносить ущерба окручивающей среде. Siemens предлагает всесторонние решения, техническую экспертизу и общемировой опыт, чтобы помочь своим заказчикам в решении их задач.

Для каждого случая и этапа передачи энергии, Siemens предлагает оптимизированные решения SIPLINK (Многофункциональный модуль межсистемной связи энергосистем Siemens), ВНПТ или FACTS для наиболее эффективного использования АС (переменного тока) энергосистем и линий.

Типичные применения для FACTS включают в себя быстрый контроль напряжения, увеличенную пропускную способность на длинных линиях, контроль потока мощности в сцепленных системах и гашение колебаний мощности. С FACTS большее количество энергии может быть передано в пределах энергосистемы. Когда экономические и технические возможности традиционной трехфазной технологии достигнут своего предела, ВНПТ станет новым эффективным решением (рис 2.1-2). Ее основная область применения- это передача большого количества энергии на длинные расстояния и соединение асинхронных энергосетей. ВНПТ PLUS- это последняя инновация Siemens в области передачи постоянного тока. Преимущества новой системы, использующая конвертеры напряжения, включают в себя компактное размещение и расширенные возможности управления, такие как независимый контроль активной и реактивной мощности и возможность запуска станции после полного отключения без нужды во внешнем питании.

Для передачи тока среднего напряжения, Siemens предлагает SPLINK системы. В зависимости от применения и конфигурации существующей системы, SPLINK снизит затраты на инвестирование и эксплуатацию в течение всего жизненного цикла системы. Система контролирует активную мощность и оптимизирует стабильность напряжения за счет обеспечения реактивной мощ-

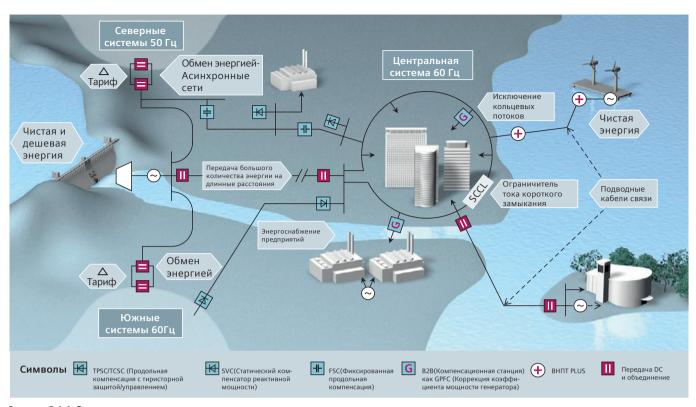


Рисунок 2.1-1: Решения по передаче и распределению энергии

Линии электропередачи

Еще со времен начала электроснабжения, высоковольтные линии составляют самый важный элемент системе передачи и распределения энергии. Их доля в общей длине электрической системе зависит от уровня напряжения и местных условий. Когда условия окружающей среды или конструктивные факторы делают воздушные линии невозможными, "подземные" решения Siemens в области передачи энергии являются идеальным решением. Линии электропередачи с газовой изоляцией (GIL) Siemens это экономически обоснованная альтернатива обычным силовым кабелям.

Доступ к сети

Децентрализованные модули специально разработаны с учетом наилучшего согласования контрастирующих параметров, таких как высокая надежность, низкая инвестиционная стоимость и эффективная передача энергии. Особое внимание уделяется интеллектуальному проектированию "систем сбора" на уровне среднего напряжения, за которыми идет высоковольтная система передачи энергии, обеспечивающая доступ к сети. Полагаясь на обе технологии передачи, Siemens предлагает как AC, так и DC решения на уровнях среднего и высокого напряжения (глава 2.6).

Солнечная энергия

Как альтернативный источник энергии для сельской электрификации Siemens интегрирует энергию от солнечных модулей в низковольтную распределительную систему для частных потребителей в качестве одиночных систем или включенные в общую сеть.

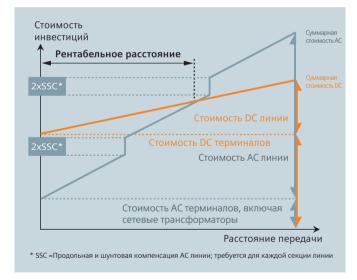


Рисунок. 2.1-2: Сравнения переменного и постоянного тока при передаче энергии на длинные расстояния Безубыточная дистанция передачи 1000 МВт энергии составляет 600 км

2.1.3 Менеджмент целых проектов

Управление проектом

Обеспечение энергией это не просто комбинирование определенного количества отдельных компонентов. Данная задача требует реализации широкомасштабных проектов, таких как системы передачи энергии или промышленных комплексов, особенно в странах большим ростом потребления энергии. Лучший партнер в реализации таких больших проектов — технический эксперт, который может тщательно проанализировать требования, реализовать комплексный подход к планированию проекта и рассмотреть все главные условия. Квалифицированный партнер проекта может обеспечить высококачественные компоненты и сервис, как для передачи электроэнергии, так и для управления проектом энергосистемы. Также гарантируется, что будет осуществлен профессиональный монтаж системы.

Решения "под ключ"

Богатый многолетний опыт Siemens позволяет предоставлять решения по передаче электроэнергии "под ключ", ориентированные под индивидуальные требования заказчика. Siemens поставляет весь спектр компонентов, включая электростанции, системы передачи АС и DС и высоковольтные объеденные системы с высоким, средним и низким напряжением, которое в конченом итоге доходит до каждого отдельного потребителя. То, что только одна сторона отвечает за координацию всего проекта, снижая до минимума количество согласований между системным оператором и поставщиками, делает решения "под ключ" очень привлекательными. Готовые проекты также снижают собственные риски оператора в проекте, т.к. Siemens отвечает за поставку системы, полностью готовую к работе.

Проектирование, поставка, производство и возведение

В добавление к полноценному планированию и менеджменту, проектирование это одна из самых сильных сторон Siemens. Siemens может производить или закупить все необходимые компоненты и производить все работы по сооружению вплоть до тестирования и ввода в эксплуатацию целых систем. С Siemens в качестве партнера компании получат выгоду от обширного производственного опыта Siemens, а также работы с опытными инженерами Siemens, которые уже приняли участие в большом количестве проектов по всему миру. Основываясь на этом базисе, Siemens может обеспечить лучшие технологи для проектов, основанных на запатентованных компонентах Siemens, а также



Рисунок 2.1-3: Cepвис Siemens для полного жизненного цикла

дополнительного оборудования, закупаемого у поставщиков с хорошей репутацией. Эксперты Siemens имеют перед собой задачу определить, какие из различных технических возможностей подходят наилучшим способом в реализации проекта. Они рассматривают пропускную способность систем передачи, эффективность передачи и после определения наилучшего технического решения, оценивают его долговременную экономическую эффективность для оператора. Только после этого возможно начало монтажа системы и своевременный ввод в эксплуатацию.

Содержание и техническое обслуживание

Система будет работать наилучшим образом только тогда, когда оборудование обеспечит долговременную безаварийную работу. Технический сервис Siemens гарантирует, что все компоненты системы всегда будут работать безопасно и надежно. Siemens постоянно обслуживает системы операторов, посредством регулярных проверок, всей переключающей аппаратуры и вторичных устройств. Siemens предоставляет поддержку 24 часа в сутки, 365 дней в году, поэтому в случае отказа во время эксплуатации, проблемы могут решаться немедленно. А вместе с новейшими технологиями онлайн мониторинга и удаленной диагностики, Siemens предлагает расширенные возможности для обеспечения минимальных эксплуатационных затрат.

Оптимизация и модернизация

Ни одна из компаний не в состоянии менять свое оборудование с такой скоростью, чтобы постоянно идти наравне с технически прогрессом. Но в тоже время, можно получить преимущества от применения последних технологических возможностей посредством оптимизации, предлагаемой службой модернизации и обновления Siemens. Эти быстрые и экономически оправданные решения позволяют заказчикам инвестировать свой капитал разумно и получить максимальные преимущества от опыта Siemens в адаптации старых систем под новые технические стандарты.

2.1.4 Партнеры в течении всего жизненного цикла системы

Siemens всегда находится рядом с системными операторами, чтобы помочь им развивать свои проекты, создать экономические решения и обеспечить менеджмент проекта (рис. 2.1-3), и осуществить поддержку в проектировании, производстве и возведении. Такая поддержка осуществляется с момента ввода системы в эксплуатацию, как только заказчик нуждается в сервисе и техническом обслуживании и модернизации системы Взаимное сотрудничество между Siemens и заказчиком не прекращается после сдачи системы «под ключ» Siemens сопровождает системных операторов в течении всего жизненного цикла системы, предлагая обширный сервис с продукцией самого высокого качества, основанных на самых передовых технологиях.

Для дальнейшей информации

http://www.siemens.com/energy/power-transmission-solutions http://www.siemens.com/energy/ВНПТ-facts-newsletter

2.2. Передача постоянного тока высокого напряжения $(BH\Pi T)$

ВНПТ передача энергии используется в тех ситуациях, когда традиционные высоковольтные АС системы не применимы из своих ограничений. Эти ограничения возможно преодолеть за счет базовых принципов работы ВНПТ, которая представляет собой систему преобразования АС в DC и обратно с помощью мощных преобразователей.

Благодаря своей эффективной управляемости, ВНПТ системы могут использоваться для следующих целей:

- Передача энергии по очень длинным воздушным линиям или кабелям, где системы АС передачи экономически не оправданы или даже просто невозможны
- Передача энергии между системами, работающими асинхронно. Точный контроль за потоком энергии в любом направлении. Улучшение стабильности АС системы
- Контроль реактивной мощности и поддержание величины напряжения АС
- Контроль частоты
- Демпфирование колебаний мощности

2.2.1 Технология ВНПТ Siemens

В зависимости от типа конвертера, используемого для преобразования между АС и DC доступны 2 технологии:

- Конвертер коммутируемых линий (LCC), основанный на тиристорных вентилях
- Преобразователь напряжения (VSC), основанный для IGBT вентилях, также известный как BHПT PLUS

Обе технологии позволяют Siemens поставлять привлекательные решения для наиболее сложных задач по передаче энергии. начиная от передачи энергии особо высокого напряжения до соединения удаленных систем в одну общую сеть; от международных воздушных линий или кабелей до объединения двух систем в одной местности.

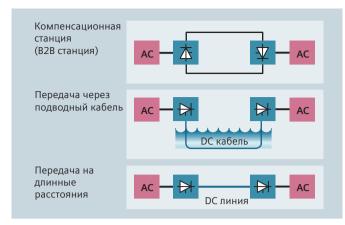


Рис. 2.2-1: Обзор основных приложений ВНПТ

2.2.2 Основные типы ВНПТ схем

Основные типы ВНПТ конвертеров отличаются в соответствии со DC схемами (рис. 2.1.-1), такими как

Компенсационные (Back-to-back) станции

Выпрямитель и конвертер расположены в одном месте Такие конвертеры в основном используются для:

- Для соединения асинхронных высоковольтных энергосистем или систем с различными частотами
- Стабилизации слабых звеньев АС
- Для поддержания большей активной мощности АС систем, которые уже на переделе своей мощности короткого замыкания
- Для контроля потока мощности в пределах синхронной АС систем

Кабельная передача

DC кабель-наиболее эффектное решение для передачи энергии через моря для электроснабжения островов или морских платформ от материка и наоборот.

Передача на большие расстояния

Пр передаче большого количества энергии на большие расстояния, передача посредством DC систем более экономически оправдана в сравнении с высоковольтной АС системой.

2.2.3 LCC ВНПТ «Классическое» решение

После более чем за 50 лет своей истории, вместе с Siemens, постоянно работающая над ее развитием, LCC ВНПТ на сегодняшний день наиболее широко используемая технология передачи DC.

Технологии

Тиристорные вентили

Тиристорные вентили используются для преобразования АС в DC, представляют, таким образом, центральный компонент ВНПТ станции конвертации Вентили имеют следующие особенности:

- Прочная конструкция
- Безопасное противопожарное исполнение, благодаря использованию
- огнеупорных и самозатухающихся материалов
- Минимальное количество электрических соединений и компонентов, избегая тем самым, потенциальных источников сбоя
- Параллельное охлаждение вентилей деионизированной водой, для максимального удельного использования тиристоров
- Сейсмостойкая конструкция по требованию (рис. 2.2-2)
- Тиристор с непосредственным световым управлением и интегрированной защитой от перенапряжений - стандартное решение для систем передачи энергии, мощностью до 5000 МВт
- Тиристоры с электрическим управлением для передачи большого количества энергии мощностью до 7200 МВт и выше

Технология фильтрации

Фильтры используются для баланса реактивной мощности ВНПТ и энергосистемы, а также для обеспечения высоких стандартов по высшим гармоникам

- Могут устанавливаться одно-, двух-, и трехчастотные, а также пассивные фильтры верхних частот и их комбинации в зависимости от конкретных требований станции
- Доступны активные AC и DC фильтры для обеспечения высоких стандартов по высшим гармоникам
- Везде, где возможно, используются одинаковый тип фильтров, чтобы даже в случае отключения одного из них обеспечить удовлетворительную работу системы.

Применимость

Основные области применения для LCC ВНПТ

- Экономичная передача энергии на большие расстояния
- Соединение асинхронных сетей без увеличения мощности короткого замыкания
- Передача DC через подводные кабели
- Гибридная интеграция ВНПТ в синхронную АС систему для повышения стабильности
- Увеличение пропускной способности преобразуя АС линии в DC линии

Номинальные мощности

Типовые характеристики ВНПТ систем:

- Компенсационные станции: до 1200 МВт
- Кабельная передача: до 800 МВт на каждый ВНПТ кабель
- Передача на большие расстояния: обычно до 5000 МВт

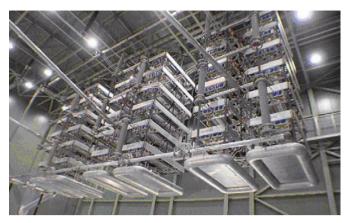


Рис 2.2-2. Сейсмостойкие и огнеупорные тиристорные вентили для передачи на большое расстояние в Гуизихо-Гауондонг, Китай

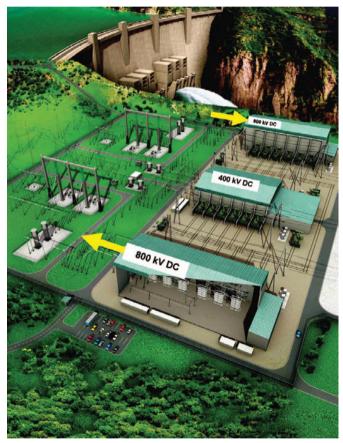


Рис. 2.2.-З Две двойных 400 кВ конвертерные системы связаны в ± 800 кВ УВНПТ станцию

2.2.4 Магистральная передача энергии УВНПТ

UHV DC от Siemens это ответ на растущие требования магистральной передачи энергии от удаленных генераторных установок до крупных нагрузочных центров. После того, как Siemens выиграла контракт в 2007 году, была успешно запущена первая в мире ±800 кВ УВНПТ система с мощностью 5000 МВт в южной энергосети в Китае в 2010 году (рис. 2.2-3).

Технология

Высокое DC напряжение налагает исключительные требования к изоляции оборудования, что ведет к увеличению размеров (рис. 2.2-4). Способность выдержать высокое напряжение и механические воздействия тщательно исследуется во время разработки. Все компоненты тщательно тестируются, чтобы гарантировать их способность выдерживать наиболее тяжелые условия эксплуатации и соответствовать высоким стандартам качества/

Тиристорные вентили оснащены либо 5", либо 6» тиристорам, в зависимости от мощности передачи (рис. 2.2-5).

Применимость

УВНПТ передача- это решение для магистральной передачи энергии от 5000 МВт и выше на расстояние несколько тысяч километров. В сравнении с 500 кВ LCC ВНПТ системой, Siemens 800 кВ УВНПТ система снижает потери на линии примерно на 60% и это важный аспект соответствия программе снижения выбросов углекислого газа и эксплуатационных затрат.

Особое внимание нужно уделить соответствующим АС сетям, которые должны снабжать или поглощать большое количество электроэнергии.

Номинальные мощности

Системы 800 кВ ВНПТ спроектированы для передачи энергии до 7200 МВт на большие расстояния.

2.2.5 ВНПТ PLUS - На шаг впереди

Технология VSC предлагает уникальные преимущества для ВНПТ передачи, которая становиться все более важной для задач подключения удаленных источников возобновляемой энергии, газовых и нефтяных платформ в существующую сеть

Используя новейшие модульные IGBT (Биполярный транзистор с изолированным затвором) в новаторских Модульных многоуровневых конвертерах (MMC), развило ВНПТ PLUS как знаковый продукт в эволюции ВНПТ передачи энергии.

Номинальные мощности, доступные для ВНПТ PLUS чрезвычайно привлекательные также для тех проектов, где может использоваться LCC ВНПТ с технической точки зрения.



рис. 2.2-4: 20.8 метровая втулка необходима для подключения терминала 800 кВ тиристорных вентилей, находящихся в помещении, с внешним ВНПТ оборудованием и воздушными линиями.



рис. 2.2-5: Сверхвысокое напряжение и силовая электроника (тиристорные вентили) предназначены для работы с напряжением 800 кВ Юанн- Гуандонг, Китай

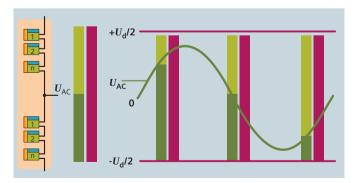


рис. 2.2-6: ВНПТ PLUS многоуровневые конвертеры реализуют преобразование между АС и DC практически без гармоник. С АС стороны конвертера переменное напряжение-идеальная синусоида.

Решения для передачи и распределения энергии

2.2. Передача постоянного тока высокого напряжения (ВНПТ)

Отличительные особенности

BHПТ PLUS предоставляет важные технические и экономические преимущества в сравнении с LCC

- ВНПТ технология занимает меньше пространства: ВНПТ PLUS не требует каких либо фильтров (рис. 2.2-6). В сочетании с компактным дизайном MMC, ВНПТ PLUS становится идеально подходящей для морских платформ или станций, с ограниченным пространством (рис. 2.2-7, 2.2-8).
- Независимость от мощности короткого замыкания ВНПТ PLUS могут работать в сетях с низкой мощностью короткого замыкания или даже в изолированных системах с наличием или отсутствием собственного генератора, используя способность к запуску без внешнего подвода питания (Black start).
- Униполярное DC напряжение Полярность DC напряжение устанавливается независимо от направления потока энергии. Это позволяет интегрировать их в многотерминальные системы или DC сети ВНПТ PLUS может работать в сочетании с экструдированным XLPE или бумажно-масляными DC кабелями.
- Экономичная конструкция и стандартизация: Модульные станции конвертации ВНПТ PLUS могут отлично адаптироваться под требуемый уровень мощности (рис. 2.2-7)
- Могут использоваться стандартные АС трансформаторы, когда как LCC трансформаторы требуют особой конструкции из-за дополнительного воздействия DC напряжения и гармоник

Применимость

BHПТ PLUS может применяться во всех областях ВНПТ передачи- здесь нет никаких технических ограничений. Преимущества ВНПТ PLUS будут наиболее очевидными в условиях, где требуются такие возможности:

- «Black start» сетей переменного тока
- Работа в АС сетях с низкой мощностью короткого замыкания
- Компактный дизайн, например для морских платформ
- Работа в многотерминальных DC системах или в DC сетях

Номинальные мощности

Конструкция ВНПТ PLUS оптимальна для применения в диапазонах мощностей от 30 МВт до 1000 МВт и выше, в зависимости от величины DC напряжения.

2.2.6 Система управления ВНПТ Win-TDC

Система управления и защиты- это важный элемент в системе передачи энергии. ВНПТ Система управления и защиты Siemens для ВНПТ была разработана с акцентом на гибкость и высокие динамические характеристики и основана на более чем 30-ти летнем опыте эксплуатации ВНПТ систем и других смежных областей индустрии (рис. 2.2-9).

Высокая надежность достигается за счет избыточности и прочной конструкции. Все управляющие и защитные компоненты, начиная от человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) до измерительного оборудования DC напряжения спроектированы таким образом, чтобы реализовать все преимущества, которые предоставляют новейшие разработки в программном и аппаратной обеспечении. Такие системы управления и защиты основаны на стандартных продуктах с жизненным циклом 25 лет и более.

Название Win-TDC отражает комбинацию ПК-системы HMI системы SIMATIC WinCC и высокопроизводительной промышленной системы управления SIMATIC TDC.



Рис. 2.2-7: Сердце ВНПТ PLUS - Модульный многоуровневый конвертер (ММС), который масштабируется в зависимости от требований напряжения и мощности. Траснсбэй Кабель, США



Рис. 2.2-8: Всего несколько силовых компонентов требуется вне конвертера, чтобы создать законченную ВНПТ PLUS станцию. Что особо стоит отметить, ВНПТ PLUS обеспечивает выполнение стандартов по гармониками в сети без применения каких-либо фильтров. Траснсбэй Кабель, США

SIMATIC WinCC - это HMI программное обеспечение на базе ПК для Microsoft Windows, используемая для операторского управления и монтиронига ВНПТ систем.

SIMATIC TDC (Управление технологией и приводами) это высокопроизводительная система автоматизации, которая позволяет интегрировать как систему разомкнутого так и замкнутого управления в пределах одной системы. Это особенно подходит для ВНПТ(и других приложений энергетики), требующая высокопроизводительного замкнутого управления. Для чрезвычайно быстрых функций управления, как того требуют ВНПТ PLUS системы, SIMATIC TDC дополняется системой PLUSCONTROL, включающая в себя Систему управления током (CCS) и модульная системы управления (MMS).

Решения для передачи и распределения энергии

2.2. Передача постоянного тока высокого напряжения (ВНПТ)

SIMATIC WinCC и SIMATIC TDC используются в широком диапазоне промышленных приложений, включая генерирование и распределение энергии.

В LCC ВНПТ системах Siemens, DC токи и напряжения измеряются с помощью гибридных оптико-электронных систем: DC ток измеряется с помощью шунта, расположенного на линии высокого напряжения, DC напряжение измеряется с помощью резистивных/емкостных делителей. Обе системы используют лазерную измерительную электронику, так что связь между измерительными модулями и с системами управления исключительно оптическая, что обеспечивает необходимый уровень изоляции и снижение уровня шума.

В системах ВНПТ PLUS, DC токи измеряются с помощью измерительных систем Zero Flux, которые обеспечивают необходимую точность и динамическую характеристику для быстрого управления во время переключений в сети. Измерители Zero Flux располагаются в удобном месте, например, на втулке конвертера или герметичной концевой муфте кабеля.

Siemens поставляет проверенное программное и аппаратное обеспечение, построенное на самых передовых технологиях. Их исполнение и надежность удовлетворяют самым высоким требованиям как для новых систем, так и для замены старых систем (рис. 2.2-10).

2.2.7 Услуги

Следующий набор услуг дополняет портфолио Siemens ВНПТ

Проекты «под ключ»

Опытный персонал проектирует, осуществляет монтаж и ввод эксплуатацию ВНПТ систем «под ключ».

Финансирование проекта

Siemens готов содействовать своим заказчикам для поиска подходящего источника финансирования для проекта.

Общие услуги

Расширенная поддержка всегда была доступна заказчикам Siemens, начиная с истоков ВНПТ систем, включая:

- Изучение возможности реализации
- Составление спецификации
- Исполнение проекта
- Эксплуатация системы и долгосрочное обслуживание
- Консультации по модернизации/замене компонентов/ переконструированные старых схем, например, модернизация ртутных вентилей и релейных систем управления.

Исследования по разработке системы, стабильности энергосистемы и переходных процессов, проводимые во время реализации проекта:

- Оптимизация нагрузок. Базовый проект ВНПТ системы. Динамические характеристики системы
- Анализ гармоник и проектирование фильтров для LCC ВНПТ
- Изоляция и защита
- Электромагнитная совместимость и воздействие помех на работу ПЛК(программируемых логических контроллеров)
- Специальные исследования, если необходимо

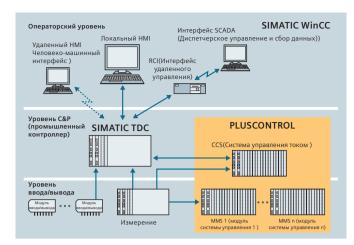


Рис. 2.2-9: Win-TDC иерархия-это 30 летний опыт построения систем управления ВНПТ, который базируется на применении стандартных компонентов, которые широко используются в других отраслях промышленности



Рис 2.2-10: Системы управления и контроля интенсивно тестируются на Siemens перед их отправкой на объект, гарантируя быстрый и беспроблемный пуск в эксплуатацию

Для дальнейшей информации

http://www.siemens.com/energy/ВНПТ http://www.siemens.com/energy/ВНПТ-plus http://www.siemens.com/energy/uВНПТ

2.3 Передача постояннго тока среднего напряжения с использованием SIPLINK

Аналогично технологии ВНПТ системы в передающих сетях, системы распределения среднего напряжения с разной частотой, напряжением и фазой также могут быть гибко объедены. Инновационное звено среднего напряжения для распределительных систем - это многофункциональный силовой конвертер SIPLINK. Этот конвертер, основанный на компенсационном передаточном звене (рис 2.3-1, 2.3-2) в состоянии селективно управлять потоками энергии между подсетями, и в тоже время, может улучшить качество напряжения, обеспечивая систему реактивной мощностью.

SIPLINK предоставляет средства сопряжения различных электрогенераторов или сетей с различной частотой и мощностью без ухудшения стабильности системы и увеличения токов короткого замыкания. Также улучшена возможность интеграции распределенных и независимых электрогенераторов в существующие сети. SIPLINK может снизить инвестиции, а также расходы в течении жизненного цикла, особенно в таких приложениях:

Подключение кораблей, стоящих в порту к более экологически чистой береговой энергосистеме(соединение берег-судно (SIHARBOR))

- Передача энергии между различными распределительными сетями(городскими сетями) посредством совместной работы.
- Увеличение доступности и качества напряжения в промышлен-

2.3.1 Соединение берег-судно

Давление рынка и увеличение требований к защите окружающей среды заставляет многие порты осуществлять энергоснабжение кораблей в портах от берегового источника. Для решения этой задачи, Siemens разработал SIHARBOR, система подключения берег-судно, которая отвечает требованиям операторов портов, судоходные компаний, верфям, и энергокомпаниям. Благодаря SIHARBOR, суда могут глушить свои дизель-генераторные установки, которые производят не только электричество, но и также выхлопные газы, сажу, мелкую пыль и шум, внося свой вклад в «гаванный смог» (рис. 2.3-3).

SIPLINK это корневой элемент этой энергосистемы. Он состоит из двух самокоммутирующихся IGBT конвертеров с импульсным управлением, соединенных через промежуточную DC сеть. Эти



Рис. 2.3-1: SIPLINK с открытыми дверцами шкафов

Решения для передачи и распределения энергии

2.3 Передача постояннго тока среднего напряжения с использованием SIPLINK

конвертеры подключены с одной стороны к местной энергосети, а с другой к системе электроснабжения судна. SIPLINK способен питать не только бортовую систему от распределительной системы, но и подогнать различные параметры систем и соединить их. До 5 МВт мощности можно передавать через соединение вилка-розетка среднего напряжения.

Судно и порт должны быть оснащены такими встроенными системами подключения для использования SIHARBOR. После подключения штекера на корабле, автоматизированная система, установленная на берегу, автоматически инициирует запуск системы. Диалог пользователя этого процесса осуществляется с судна. Энергоснабжение судна при этом не прерывается. SIPLINK это самосинхронизирующийся система и требуется всего несколько минут, чтобы обеспечить энергообеспечение судна. После этого бортовые дизель-генераторы могут быть заглушены, и вся энергосистема судна может поддерживаться более экологически чистой береговой распределительной энергосистемой.

Преимущества этой системы включают в себя:

- Гибкое подключение всех типов бортовых систем, вне зависимости от напряжения и частоты
- Единственный кабель СН вместо нескольких соединений НН.
- Электрическое разделение береговой и судовой сетей, для обеспечения необходимой защиты и предотвращения гальванической коррозии.

Система учитывает особенности судов различных типов, таких как пассажирские судна, контейнерные суда и паромы. Благодаря модульному принципу, возможны любые сочетания 50 Гц и 60 Гц систем электроснабжения, равно как и любые уровни напряжений.

2.3.2 Передача энергии между различными распределительными сетями

Другая сфера применения для SIPLINK- это соединение распределительных сетей (городских сетей), где SIPLINK контролирует обмен электрической энергии между независимыми сетями. Отличительное преимущество здесь состоит в том, что в случаях недостатка мощности в одной из сетей, доступны ресурсы мощности другой системы для компенсации дефицита (рис 2.3-4). Снижается количество дорогой энергии, которую нужно купить «извне», особенно во время пиковых спросов. Это позволяет значительно экономить средства. Другие преимущества, помимо минимизации покупок энергии, включают следующее:

- Повышается надежность электроснабжения и улучшается качество напряжения
- Особенно в густонаселенных территориях, SIPLINK предлагает альтернативы по расширению сетей и экономию инвестиционных средств

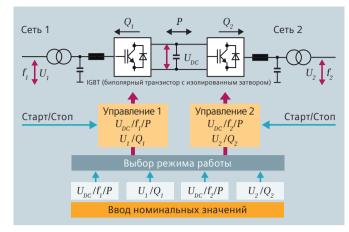


Рис. 2.3-2: Конфигурация системы, состоящий их двух SIPLINK с двумя самокоммутирующихся IGBT конвертера с импульсным управлением для активного управления потока мощности и быстрого регулирования реактивной мощности



Рис. 2.3-3: Инновационное решение для уменьшения «гаванного смога» технологии Siemens осуществляют энергоснабжение судов от экологически чистой береговой распределительной энергосистемы



Рис. 2.3-4: Снижение суточных пиков в распределительной системе населенного пункта как результат обеспечения энергии от другой распределительной системы, подключенной через SIPLINK

2.3.3 Надежность и доступность промышленных сетей

SIPLINK также может обеспечить надежное энергоснабжение предприятий и оборудования, например, в нефтяной и газовой или химической промышленности.

SIPLINK обеспечивает неограниченные возможности по переключению между двумя и более сетями на уровне среднего напряжения в соответствии с индивидуальными требованиями отдельной сети. Эти возможности гарантируют высокую надежность электроснабжения и лучшее качество напряжения на уровне распределения Защита работает в двух направлениях. Чувствительные потребители защищены от «грязных» сетей и наоборот, сети защищены от проблемных потребителей. Расходы на генерирование энергии также могут быть снижены, благодаря интеллектуальному менеджменту ресурсов SIPLINK. При определенных обстоятельствах возможно избежать дополнительных дизель-генераторов, чтобы покрыть пиковые нагрузки, если меньшая мощность требуется от соседней подсети в тот момент. Использование SIPLINK снижает расходы и уменьшает загрязнение окружающей среды.

Высоконадежное энергоснабжение существенно для некоторых производственных процессов. В таких случаях два независимых входящих фидера могут совместно питать нагрузку (Y-схема). Если возникает сбой на одном из этих фидеров, другой берет нагрузку на себя без прерывания и переход не заметен для нагрузки потребителя. Также есть возможность разделить нагрузку между двумя фидерами в любой желаемой пропорции, балансируя таким образом оба фидера.

Многофидерная конфигурация SIPLINK специально рассчитана для промышленных процессов, где критична надежность энергоснабжения и допустимы прерывания энергоснабжения лишь в пределах миллисекундных интервалов (не более 70 мс). В случае короткого замыкания или другого сбоя на одном из фидеров, SIPLINK плавно берет на себя электроснабжения. SIPLINK устойчив к коротким замыканиям и выдает свою номинальную мощность в случае короткого замыкания. В тоже время, передается команда ОТКРЫТЬ на разрыватель на сборной шине. Как только контакты разрывателя откроются (около 50 мс), напряжение на сборной шине немедленно повышается до номинального значения. SIPLINK- мультифидерная конфигурация проще, чем Y-схема и используется, где недопустимы провалы напряжения.

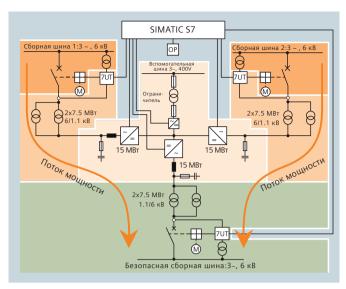


Рис 2.3-5: В отказоустойчивых системах энергоснабжения, безопасная сборная шина (или потребитель) одновременно подключена к двум питающим фидерам

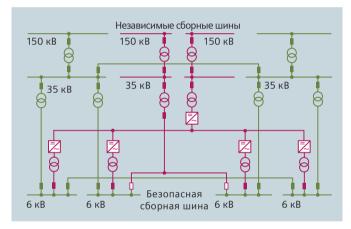


Рис 2.3-6: В соответствии SIPLINK-мультифидерной схемой, каждая надежная сборная шина одновременно подключена к трем сборным шинам и независимому питающему фидеру

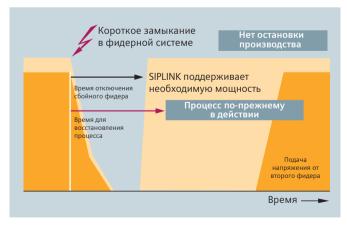


Рис. 2.3-7: Кривая напряжения на сборной шине в случае кроткого замыкания в фидерной системе, поддерживаемая SIPI INK

2.4 Гибкие системы передачи переменного тока

Гибкие системы передачи переменного тока (FACTS) развились в высокоразвитую технологию с высокими номинальными мощностями. Технология, проверенная в многочисленных приложениях по всему миру, стала первоклассной и очень надежной. FACTS, основанная на силовой электронике, разработана для улучшения эффективности сетей переменного тока (AC) и реализации эффективной передачи переменного тока на большие расстояния и является неотъемлемой частью интеллектуальных сетей (см. раздел 1).

FACTS также помогает решать технические проблемы в объединенных энергосистемах. FACTS доступна в различных исполнениях.

- Статический компенсатор реактивной мощности (SVC)
- Статический синхронный компенсатор (STATCOM)
- Фиксированная продольная компенсация (FSC)
- Продольная компенсация с тиристорной защитой/управлением (TCSC/TPSC)

2.4.1 Поперечная компенсация

Поперечная компенсация-это компенсация реактивной энергии за счет включаемых, либо управляемых модулей, подсоединенных параллельно передающей сети в узле энергосистемы.

Механически переключаемые конденсаторы/реакторы (MSC/MSR) Механически переключаемые устройства - наиболее недорогие устройства компенсации мощности (рис. 2.4-1a).

- Механически включаемые конденсаторы простое, но низкоскоростное решение для контроля напряжения и стабилизации сети в условиях больших нагрузок. Их использование не имеет почти никакого эффекта на мощность короткого замыкания, но повышает напряжения в точках подключения.
- Механически включаемые реакторы имеют противоположный эффект, поэтому они предпочтительны для стабилизации сети

- в условиях малых нагрузок.
- Передовой вариант механически включаемых конденсаторов-MSCDN Это устройство представляет собой MSC с дополнительной схемой демпфирования для предотвращения резонансов в системе.

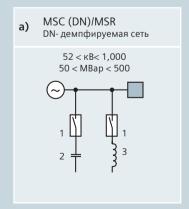
Статический компенсатор реактивной мощности (SVC)

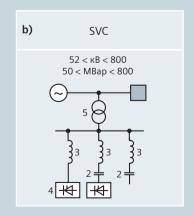
Статический компенсатор реактивной мощности (SVC) представляет собой быстрый и надежный способ регулирования напряжения на передающих линиях и узлах системы (рис. 2.4-1b, рис 2.4-2). Реактивная мощность меняется с помощью подключения или управления реактивных элементов, подключенных к вторичной обмотке трансформатора. Каждый набор конденсаторов подключается и отключается посредством тиристорных вентилей (TSC). Реакторы также могут либо подключаться (TSR) либо регулироваться (TCR) с помощью тиристорных вентилей.

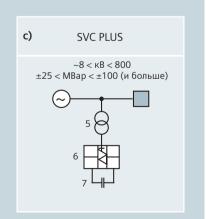


Рис 2.4-2: Оборудование статического компенсатора реактивной мощности (SVC)

Параллельная компенсация







1 Распредустройство 2 Конденсатор 3 Реактор 4 Тиристорный вентиль(-и) 5 Трансформатор 6 IGBT вентили 7 DC конденсатор

Рис. 2.4-1a: Механически включаемые конденсаторы (MSC) и механически включаемые реакторы (MSR), подключенные к передающей системе

Рис. 2.4-1b: Статический компенсатор реактивной мощности (SVC) с тремя ветвями (TCR, TSC, фильтр) и согласующий трансформатор

Рис. 2.4-1c: SVC PLUS, подключенный к передающей системе

Когда напряжение в системе низкое, SVC обеспечивает емкостной реактивной мощностью и повышает напряжение в системе. Когда напряжение в системе высокое, SVC генерирует индуктивную реактивную мощность и снижает напряжение в сети.

Статический компенсатор реактивной мощности (SVC) обеспечивает выполнение следующих задач:

- Улучшение качества напряжения
- Динамический контроль реактивной мощности
- Увеличение стабильности системы
- Демпфирование колебаний мощности
- Увеличить пропускную мощность передачи
- Контроль дисбаланса(опция)

Конструкция и конфигурация SVC, включая пространство для монтажа, условия работы и потери, зависят от условий работы системы (легкие или тяжелые), конфигурации системы (ячеистая или радиальная) и поставленных задач.

SVC PLUS новое поколение STATCOM

SVC PLUS это расширенная версия STATCOM, в которой используются VSC инвертор напряжения VSC, основанный на конструкции модульного многоуровневого конвертера (ММС).

- ММС обеспечивает практически идеальную форму напряжения АС на выходе. Поэтому необходима лишь фильтрация высших гармоник (если требуется), и нет необходимости в фильтрация низших и средних гармоник.
- ММС допускает использование малых частот переключения, что снижает потери в системе.
- SVC PLUS использует надежные, проверенные стандартные компоненты, такие как типовые силовые трансформаторы, реакторы и коммутационную аппаратуру.
- Площадь, занимаемая SVC PLUS до 50% меньше, чем площадь обычной SVC станции одинаковой мощности.

Применимость

SVC PLUS выполняет те же задачи, что и обычные SVC. Благодаря передовым технологиям SVC PLUS предпочтительна для решений в стесненных условиях (например, ветряных парков).

Модульная конструкция

Модульная SVC PLUS оснащена силовыми модулями IGBT промышленного исполнения и DC конденсаторами

- Высокий коэффициент готовности, благодаря избыточности силовых модулей.
- Стандартные системы WinCC и SIMATIC TDC, контрольное и защитное аппаратное обеспечение, апробированные в широком спектре задач по всему миру.

Портфолио

- Доступны стандартизованные конфигурации ±25, ±35 и ±50 Мвар в качестве модулей контейнерного типа. До четырех модулей можно сконфигурировать для параллельной работы
- Простая расширяемость и перемещаемость.
- Открытые стойки модульной конструкции позволяют бес трасформаторное подключение к сети до 36 кВ и ±100 Мвар. Для больших напряжений используются стандартные АС трансформаторы.
- Также доступны гибридные конструкции с механически переключаемыми конденсаторами (MSC) или реакторами (MSR).

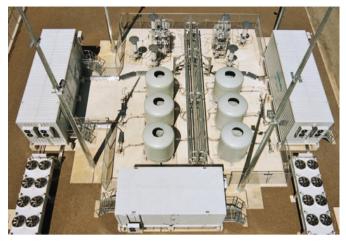


Рис. 2.4-3 2: Модули SVC PLUS в Новой Зеландии

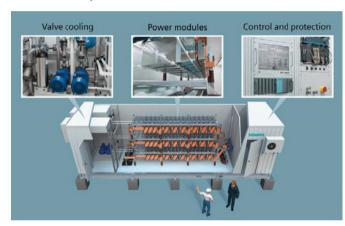


Рис. 2.4-4: SVC PLUS контейнерного типа

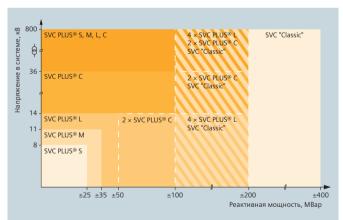


Рис. 2.4-5: SVC PLUS портфолио

2.4.2 Продольная компенсация

Продольная компенсация представляет собой включение реактивного элемента в передающую линию. Наиболее часто применяются последовательные конденсаторы с фиксированной емкостью (FSC). Также могут устанавливаться системы с тиристорным управлением (TCSC) и тиристорной защитой (TPSC).

Последовательные конденсаторы с фиксированной емкостью (FSC)

FSC обеспечивает наиболее дешевое и экономически выгодное решение по продольной компенсации. FSC включает в себя наборы конденсаторов, а также в целях защиты параллельные разрядники (металлооксидные варисторы, MOV), искровые разрядники и байпасный выключатель для цепей изоляции (рис. 2.4-7а).

Последовательные конденсаторы с фиксированной емкостью (FSC) обеспечивают следующие преимущества:

- Увеличение пропускной способности ЛЭП
- Снижение угла потерь при передаче

Последовательные конденсаторы с тиристорным управлением (TCSC)

Компенсация реактивной энергии с помощью TCSC может адаптироваться под очень широкий круг условий работы. Также возможно контролировать величину тока и, следовательно, поток мощности в параллельных передающих линиях, что одновременно повышает стабильность системы. Другое важное применение TCSC-демпфирование колебаний мощности в системе.

Дополнительные преимущества от последовательной компенсации с тиристорным управлением:

- Демпфирование колебаний мощности (POD)
- Управление потоком мощности
- Увеличение стабильности системы
- Последовательные конденсаторы с тиристорной защитой (TPSC)

При использовании мощных тиристоров отпадает необходимость в традиционных искровых разрядниках и ограничителях перенапряжений. Благодаря очень короткому времени охлаждения специальных тиристорных вентилей, TPSC быстро возвращается в рабочее состояние после сбоя на линии, позволяя реализовать максимальную производительность линий передач. TPSC-это наилучшее решение, в случаях, где необходим быстрый возврат на максимальную мощность передачи после сбоев на линии (рис. 2.4-7с).



Рис.4-7-6: **Вид TCSC системы**

Для дальнейшей информации http://www.siemens.com/energy/facts

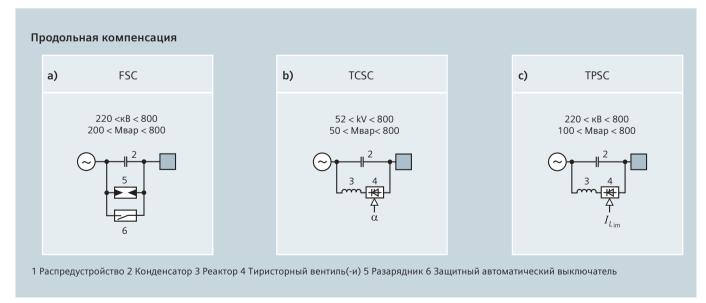


Рис 2.4-7а: Фиксированная последовательная компенсация, подключенная к сети

Рис 2.4-7b: Последовательные конденсаторы с тиристорным управлением (TCSC), подключенные к сети

Рис 2.4-7c: Последовательные конденсаторы с тиристорной защитой (TPSC) , подключенные к сети

2.5 Линии электропередач

2.5.1 Газоизолированные линии электропередач (ГИЛ)

Для передачи электроэнергии большой мощности в сетях, где воздушные линии не подходят, альтернативным вариантом является применение газоизолированных линий электропередач. По сравнению с кабельными линиями ГИЛ имеют следующие

- Возможность передачи большей мощности (до 3700 МВА на каждую цепь).
- Стойкость к перегрузкам.
- Самовосстанавливающаяся изоляция, исключение риска теплового пробоя.
- Возможность применения для больших расстояний (70 и более километров) без дополнительной компенсации реактивной
- Высокая стойкость к токам КЗ и воздействию электрической дуги.
- Возможность прямого подключения газоизолированных линий к КРУЭ и элегазовым ограничителям перенапряжений.
- Огнестойкий, безопасен для применения.
- Минимальное электромагнитное излучение.

История/опыт Siemens

В 1960 году, когда SF_6 (шестифтористая сера) была представлена как газ для изоляции электрооборудования, это направление стало базисом в развитии элегазовой коммутационной аппаратуры. Основываясь на опыте с КРУЭ, компания Сименс приступила к разработке линий электропередачи, заполненных элегазом (SF.). Целью было создание альтернативы воздушным линия электропередач. Тестовый проект ГИЛ был реализован в 1970-х годах. Затем были реализованы проекты с применением ГИЛ в туннелях и на открытом воздухе. Для улучшения продукта и оптимизации технико-экономических характеристик изначально использовавшийся в ГИЛ элегаз был заменен на газовую смесь, где основой изоляции является азот (нетоксичный природный газ) с добавлением малой доли элегаза (SF₆). Подобное сочетание позволило добиться экологически чистой передачи энергии на дальние расстояний. Последняя инновация Сименс в области Газоизолированных линий – возможность укладки ГИЛ непосредственно в грунт, что является крайне важным этапом в развитии технологии.

Задачи сегодняшнего и завтрашнего дня

Постоянно растущая численность населения и степень урбанизации приводит к резкому повышению требований к системам передачи сверхвысокого напряжения непосредственно к сердцу города. В то же время доступное пространство для систем передачи электроэнергии постоянно ограничивается. Приобретают все большее значение требования к защите окружающей среды и противопожарной безопасности. Одновременно с этим производство электроэнергии претерпевает концептуальные изменения. Поскольку природные ресурсы ограничены, становится все более актуальным производство электроэнергии с помощью возобновляемых источников электроэнергии. Морские ветровые парки и солнечные батареи применяются все более активно, обеспечивая большим количеством электроэнергии удаленные местности. Соответственно, требуются системы передачи энергии позволяющие передавать большую мощность с исключительной надежностью и минимально возможными потерями.

Системы передачи электроэнергии будущего будут оцениваться по балансу выделяемого углекислого газа, требуя минимально возможного влияния на окружающую среду, начиная с производства оборудования до эксплуатации в течении всего жизненного цикла. Благодаря своим свойствам и низким потерям при передаче, ГИЛ не вызывают увеличения выбросов углекислого газа, доказывая свою экологичность.



Рис. 2.5-1: ГИЛ в туннеле ГАЭС в городе Вер, Южная Германия (протяженность 4000 м, эксплуатируется с 1975 г.)



Рис. 2.5-2: Сравнение магнитных полей для различных высоковольтных систем передачи электроэнергии

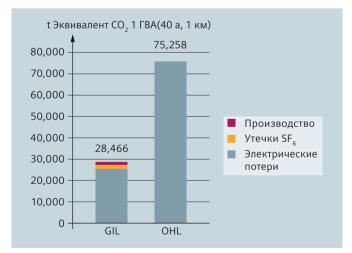


Рис. 2.5-2а: Влияние на выбросы СО2 для ГИЛ и ВЛ

Надежная технология

Газоизолированные линии электропередач высоконадежны как с точки зрения механической, так и с точки зрения электрической конструкции. 35-летний опыт эксплуатации показывает сохранение механических и диэлектрических свойств на протяжении всего периода. Газоизолированные линии производства компании Сименс находятся в эксплуатации уже не одно десятилетие и доказывают свою надежность. В связи с тем, что слабые узлы ГИЛ не выявлены, в ходе эксплуатации достаточно только плановых периодических осмотров. Оценочный срок наработки однокилометрового участка ГИЛ на отказ составляет 213 лет.

Базовая конструкция

Для соответствия механическим и электрическим требованиям ГИЛ оснащаются токоведущей частью большого сечения и прочным корпусом. Это обеспечивает минимизацию потерь и высокую мощность передаваемой электроэнергию. Конструкция газоизолированной линии позволяет минимизировать емкостную составляющую, а следовательно исключить потребность в дополнительной компенсации реактивной мощности даже на дальних расстояниях. Типовые технические характеристики ГИЛ показаны в таблице 2.5-1.

Испытания

ГИЛ испытываются в соответствии с международным стандартом МЭК 62271-204 (Высоковольтные газоизолированные линии на напряжение 72.5 кВ и выше) (рис. 2.5-3, 2.5-4). Долгосрочная работа ГИЛ была подтверждена тестами независимой лаборатории IPH, Берлин, Германия, а также Берлинской электросетью BEWAG (сейчас ELIA). Испытание ГИЛ осуществлялось по аналогии с длительными испытаниями силовых кабелей. Результаты испытаний подтверждаются более чем 35 летним опытом эксплуатации ГИЛ по всему миру. На рис. 2.5-3 показана установка испытательного образца.

Уменьшение последствий аварий

Испытания показали отличную стойкость ГИЛ к воздействию электрической дуги. Данный параметр может быть дополнительно улучшен за счет применения альтернативных газовых смесей. Данное свойство позволяет утверждать, что пробой диэлектрического промежутка внутри ГИЛ не приведет к возгоранию и повреждению внешней среды.

Электромагнитные свойства ГИЛ позволяют прокладывать его в местах, недоступных для других решений. Конструкция ГИЛ создает значительно меньшие электромагнитные поля по сравнению с другими системами для передачи электроэнергии. Коэффициент снижения потерь достигает 15-20 единиц. Это свойство позволят применять ГИЛ для прокладки новых линий электропередач вблизи объектов инфраструктуры городов (например рядом с аэропортами, систем управления полетами, больницами, жилыми массивами и пр.). ГИЛ может быть проложен в комбинированных инфраструктурных туннелях совместно с другими инженерными сетями (например, совместно с телекоммуникационными сетями и пр.). Таким образом, ГИЛ обеспечивает максимальную гибкость в проектировании распределительной сети в системах чувствительных к электромагнитному излучению. ГИЛ производства компании Сименс может удовлетворять самым строгим требованиям по плотности магнитного потока, например, ограничение в Швеции на уровне 1 мкТл (рис. 2.5-2).



Рис. 2.5-3: Испытательная установка ІРН, Берлин



Рис. 2.5-4: Образец ГИЛ на диэлектрических испытаниях в лаборатории Сименс

Технические характеристики ток короткого замыкания 63 кА							
Номинальное напряжение	до 550 кВ						
Номинальный ток	до 5000 А						
Мощность передачи	до 3700 МВА						
Удельная емкость	≈ 60 нФ / км						
Длина	до 70 км						
Смесь газов $\mathrm{SF_6/N_2}$	20 % / 80 % (400 κB), 60 % / 40 % (500 κB)						
Укладка	Непосредственная укладка в грунт						
	В туннели, наклонных галереях, вертикальных шахтах						
	Монтаж на открытом воздухе, выше земли						

Таблица 2.5-1: **Технические данные GIL**

Технология соединения

Для обеспечения герметичности линии и для упрощения монтажа длинных прямых участков применение фланцевых соединений не требуется. Наилучшее качество соединений обеспечивает сваркой элементов конструкции ГИЛ (рис. 2.5-5). Процесс сварки предлагаемый компанией Сименс высокоавтоматизирован благодаря применению орбитальных сварочных машин. Применение орбитальных сварочных машин обеспечивает высокую производительность сварочного процесса и тем самым уменьшает общее время монтажа системы. Гарантированно высокое качество сварочных швов контролируется сложной ультразвуковой системой, отвечающей последним стандартам в области рентгеновских исследований.

Прокладка линии

При прокладке ГИЛ нужно учитвать влияние климатических факторов, таких как дождь, пыль, время года и пр. Требования Сименс по чистоте и качеству технологии укладки ГИЛ отличаются от требований к обычным трубопроводам. Для защиты участка сборки от пыли, частиц, влажности и других факторов окружающей среды, на время монтажа системы устанавливается временный тент. Установка тента позволяет соблюсти требования стандартов по прокладке ГИЛ. После монтажа ГИЛ вспомогательные конструкции убираются и окружающая территория приходит в натуральное состояние. По этой причине ГИЛ хорошо подходит для применения в природных охраняемых зонах. Благодаря малой ширине линии система идеально сочетается с окружающим ландшафтом.

Открытый способ прокладки

Прокладка ГИЛ открытым способом это надежный вариант для мест с ограниченным доступом. Технология прокладки на открытом воздухе доказала свою надежность в любых климатических условиях. ГИЛ невосприимчива к высоким температурам окружающего воздуха и сильным атмосферным загрязнениям (таким как пыль, песок и пр.). Благодаря применению коррозионностойкого сплава в подавляющем большинстве случаев отсутствует необходимости в дополнительной антикоррозионной обработке.

Монтаж в туннелях

Туннели, состоящие из сборных элементов, обеспечивают наиболее быструю и простую прокладку ГИЛ, особенно в густонаселенных районах. Туннельные элементы монтируются внутри траншеи, которая тут же закрывается. Таким образом, ГИЛ прокладывается одновременно со строительством туннеля, что минимизирует время нахождения траншей в открытом виде. При таком методе прокладки, грунт находящийся над туннелем может быть сохранен и применен для других целей (рис. 2.5-7).

Вертикальный монтаж

Газоизолированные линии могут прокладываться под любым углом, даже вертикально. Это делает их идеальными для присоединения подстанций находящихся ниже уровня земли, в случаях когда необходимо передать большое количество электроэнергии с нижнего уровня подземной подстанции на поверхность (например от распределительного устройства подземной подстанции к воздушной линии электропередач). Т.к. ГИЛ пожаробезопасны, они могут быть проложены в туннелях и шахтах без каких либо ограничений. Это позволяет значительно снизить капитальные затраты на прокладку.



Рис. 2.5-5: Орбитальная сварка труб ГИЛ



Рис. 2.5-6: Прокладка ГИЛ открытым способом



Рис. 2.5-7: Технология прокладки ГИЛ в туннеле



Рис. 2.5-8: Прокладка ГИЛ методом непосредственной закладки в грунт

Непосредственная закладка в грунт

Наиболее предпочтительное решение для мест с малой плотностью населения – непосредственная закладка в грунт. При таком использовании трубы ГИЛ дополнительно защищаются активной и пассивной противокоррозийной защитой. Пассивная защита – HDPE покрытие, гарантирующее не менее 40 лет защиты от коррозии. Активные системы дополнительно обеспечивают котодную защиту алюминиевых труб ГИЛ. Магнитное поле, измеренное над линией, минимально. Высокая пропускная способность ГИЛ минимизирует ширину траншеи. Необходимая полоса отвода примерно на 1/3 меньше чем для аналогичной кабельной

Примеры проектов

Компания Сименс имеет практический опыт реализации проектов ГИЛ напряжением до 550 кВ и длинной участков более 90 км (2014 год). Портфель реализованных проектов включает в себя ГИЛ в туннелях, наклонных галереях, вертикальных шахтах, проложенных открытым способом и непосредственно в грунте. Соединения проводились как фланцевым методом таки и методом сварки.

Первым проектом Газоизолированной линией, построенной Сименс, стало соединение насосного мотора турбинного генератока ГАЭС в городе Вер, Блэк Форест, Южная Германия с распределительной подстанцией 420 кВ. ГИЛ был проложен в туннеле, проходящем через гору и имеет протяженность каждой фазы ~4000 м (рис. 2.5-1). Этот участок ГИЛ был запущен в работу в 1975 году. Другой, более поздний проект – ГАЭС Лимберг II, Капрун, Австрия, запущенная в работу в 2010 году. Здесь система ГИЛ проложена в шахте под углом 42 гр. к горизонту. ГИЛ соединяет подземную электростанцию с воздушной линией 380 кВ, находящейся на высоте более 1600 метров. Так как системы ГИЛ не подвержены риску возгорания, туннели ГИЛ не только легко доступны, но и могут быть использованы в целях вентиляции. Это позволило значительно сэкономить расходы за счёт отсутствия необходимости второй шахты.

Типичным примером низкого уровня электромагнитных полей является проект PALEXPO в г. Женеве (Швейцария). Система ГИЛ, расположенная в туннеле, заменила 500 метров двухцепной воздушной линии 300 кВ, которую пришлось вынести для последующего строительства здания выставочного центра. Энергокомпания обосновала свое решение в пользу использования ГИЛ вместо кабеля значительно лучшими показателями в части электромагнитной совместимости. Теперь в новом помещении выставки может выставляться и эксплуатироваться исключительно чувствительное электронное оборудование без риска возникновения помех со стороны линии электропередачи 300 кВ, расположенной под ним (рис. 2.5-11).

Типовым примером непосредственного заложения ГИЛ в грунт является проект аэропорта Франкфурт в Кельстербах. Проект был запущен в эксплуатацию в 2011 году. Применение ГИЛ позволило перевести каждую отдельную фазу ВЛ в каждую отдельную фазы ГИЛ, уменьшив тем самым ширину траншеи и переходной пункт (рис. 2.5-8).

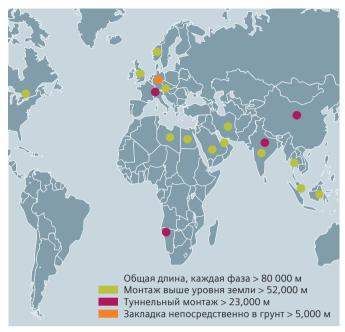


Рис. 2.5-9: Газоизолированные линии, состояние на 2010 год



Рис. 2.5-10: ГИЛ укладка в шахте под углом 42 гр. (Лимберг, Капрун, Австрия)

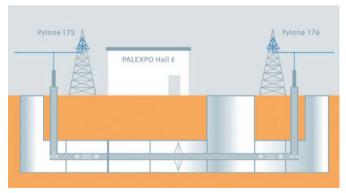


Рис. 2.5-11: Замена участка ВЛ на ГИЛ (PALEXPO, Женева, Швейцария)

Для получения дополнительной информации, пожалуйста, обращайтесь: Тел: + 49 91 31-7- 2 72 62 E-mail: stefan.schedl@siemens.com

2.5.2 Воздушные линии

С первых дней производства электроэнергии, воздушные линии электропередач стали самым важным элементов в передаче и распределении энергии. Часть, приходящееся на воздушные линии в передающей и распределительной сети зависит от уровня напряжения, а также от местных условий и существующей практики. В густонаселенных областях, как например, в центральной Европе позвемные кабели преобладают в секторе распределения энергии, а воздушные линии в секторе высоковольтной передачи. В других частях мира, например, в Северной Америке, воздушные линии часто используются для распределения энергии в пределах городов. Siemens спроектировал и возвел воздушные линии электропередач для всех используемых уровней напряжений во многих частях мира.

Выбор величины напряжения

Для распределения и передачи электроэнергии используются стандартные величины напряжения в соответствии со стандартом МЭК 60038. В области 3-х фазного переменного напряжения преобладают 3 уровня напряжения:

- Низкое напряжение (до 1 кВ АС)
- Среднее напряжение (от 1 кВ до 36 кВ АС)
- Высокое напряжение (от 52 кВ до 765 кВ АС) и выше

Низковольтные линии обслуживают дома и потребителей малого бизнеса. Линии среднего напряжения обслуживают небольшие поселения, промышленные предприятия и крупных потребителей; передавая мощность обычно меньше чем 10 МВт на каждую линию. Линии до 145 кВ служат для передачи мощности в региональном масштабе и для питания сетей среднего напряжения. Такой уровень напряжения обычно выбирается для среднего уровня напряжения в случае, если мощность меньше, чем 10 МВт. Кроме того, такие высоковольтные линии также передают электроэнергию от электростанций среднего размера, таких как гидростанции на малых и средних реках, и используются для электроснабжения крупных потребителей- больших промышленных предприятий и сталелитейных заводов. Они используются для подключения к объеденным сетям высокого напряжения локальных распределительных сетей. Пропускная способность соответствует уровню потребления, но редко превышает 100 МВт на каждую линию, в то время как мощность естественного реактивного баланса составляет 35 МВт (приблизительно).

В центральной Европе линии 245 кВ использовались для объединения систем электроснабжения, до того как не был представлен новый уровень 420 кВ для этих целей. Например, передача на большое расстояние от гидростанции в Алипсе и потребителями осуществляется по линиям 245 кВ. На сегодняшний момент, использование линий 245 кВ снижается в связи с существованием напряжения 420 кВ для этих передающих линий. Уровень 420 кВ представляет наивысшее напряжение, используемое для передачи на переменном токе в Центральной Европе. Оно обычно используется для объединения энергосистем и передачи энергии на большие расстояния. Некоторые линии 420 кВ используются для соединения национальных сетей отдельных Европейских странах, дающие возможность работы в условиях объединенной сети (UCTE Союз по координации передачи электроэнергии по всей Европе). Большие электростанции, такие как атомные станции осуществляют подачу энергии напрямую в сеть 420 кВ. Перегрузочная тепловая способность линии 420 кВ может достигать 2000 МВт, мощность естественного реактивного баланса составляет приблизительно 600 МВт, а максимальная мощность передачи до 1200 MBT.

Воздушные линии с напряжением больше, чем 420 кВ будут требоваться в будущем для экономичной передачи большого количества энергии на большие расстояния. Это задача, которая обычно возникает при использовании гидро, ветро и солнечных источников далеко от центров потребления энергии. Рис. 2.5-12

схематически показывает диапазон использования уровней напряжения переменного тока на основе мощностей и длины передачи. Уровень напряжения должен быть выбран исходя из задач внутри сети или в результате проектирования сети. Siemens проводит такого рода исследования для энергетических компаний по всему миру.

Передача постоянного тока высокого напряжения

Рассматривая передачу большого количества энергии на большие расстояния, более экономичное решение-это технология постоянного тока высокого напряжения (ВНПТ). Siemens в состоянии предложить законченные решения в этой области, начиная от исследовательской работы и последующим проектированием, содействия в развитии проекта до законченных решений под ключ и возведение электростанций такого типа. Для передачи энергии на постоянном токе на сегодняшний день нет стандартов. Напряжения постоянного тока отличаются от уровней напряжения, рекомендованных для АС напряжение, отмеченных выше.

ВНПТ используется для передачи больших объемов энергии и для объединения систем. Напряжения, применяемые для проектов по всему миру, варьируются между \pm 300 кВ, \pm 400 кВ, \pm 500 кВ, \pm 600 кВ и недавно (2007 г.) \pm 800 кВ. Выбор ВНПТ определяется исходя из следующих параметров:

- Количество энергии, которое нужно передать
- Длина воздушных линий передач
- Допустимые потери мощности
- Экономически обоснованный размер проводников

Преимущества передачи на постоянном токе над переменным током:

- Сеть постоянного тока позволяет передавать энергию между сетями переменного тока с разными частотами и сетями, которые невозможно синхронизировать
- Индуктивность и емкость линии не ограничивают пропускную способность линии и максимальную длину воздушной линии постоянного тока
- Сечение проводника используется более эффективно из-за отсутствия поверхностного эффекта при протекании переменного тока.
- Линии постоянного тока более дешевые в возведении и требуют меньшую зону отчуждения вокруг линии

Экономическое рассмотрение/оценка величины DC напряжения На рис. 2.5-13 показан экономический эффект использования постоянного напряжения в зависимости от длины линии и мощности передачи. Этот график следует рассматривать как основное руководство. Каждый проект следует рассматривать отдельно, рассматривая каждый вариант с учетом всех обстоятельств. Величины бюджетов для оценки основаны на цифрах 2007 года.

Выводы:

Уровень напряжения 300 кВ

Оценены диапазоны длины передачи 750 и 1000 км с мощностью 600 МВт. Сумма линии и конвертеров представлена как фактор стоимости на каждый МВт и км передающей линии. Результаты показывают, что ВНПТ передача на большие расстояния при напряжении 300 кВ не оптимальное решение (по сравнению с 400 кВ). Тем не менее, такой уровень напряжения полезен для коротких ВНПТ соединительных линий, например как линия соединения Тайланд - Малазия с длиной 113 км.

- Уровень напряжения 400 кВ Оценены диапазоны длины передачи 750, 1000 и 1500 км с мощностью 2000 MBт. Сумма линии и конвертеров представлена как фактор стоимости на каждый МВт и км передающей линии. Результаты показывают, что уровень напряжения 400 кВ подходящее решение для линий длиной 750, 1000 и 1500 км с мощностью передачи от 600 до 1000 МВт
- Уровень напряжения 400 кВ Оценены диапазоны длины передачи 1000 и 1500 км с мощностью 1000, 2000 и 3000 МВт. Сумма линии и конвертеров представлена как фактор стоимости на каждый МВт и км передающей линии. Результаты показывают, что уровень напряжения 500 кВ подходящее решение для линий длиной от 1000 до 1500 км с мощностью передачи от 1000 до 2000 МВт. Хотя в этих диапазонах напряжений и длины уровень 400 кВ также конкурентоспособный.
- Уровень напряжения 600 кВ Оценены диапазоны длины передачи 1500, 2000 и 3000 км с мощностью 2000 и 3000 МВт. Сумма линии и конвертеров представлена как фактор стоимости на каждый МВт и км передающей линии. Результаты показывают, что уровень напряжения 600 кВ подходящее решение для линий длиной от 1500 до 3000 км с мощностью передачи 2000 МВт и до 2000 км с мощностью передачи 3000 МВт. Но в этих диапазонах уровень 500 кВ также конкурентоспособный
- Уровень напряжения 600 кВ Оценены диапазоны длины передачи 2000, 2000 и 4000 км с мощностью 2000 и 3000 МВт. Сумма линии и конвертеров представлена как фактор стоимости на каждый МВт и км передающей линии. Результаты показывают, что уровень напряжения 800 кВ подходящее решение для линий длиной от 2000 км и выше с мощностью передачи 2000 и 3000 МВт. Тем не менее, более короткие линии от 1500 до 3000 км с мощностью от 3000 до 7000 МВт экономически выгодны с линиями 800 км

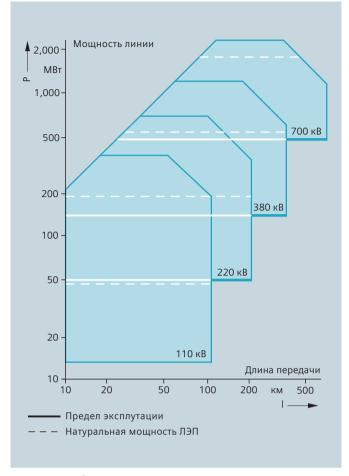


Рис. 2.5-12: Выбор величины напряжения для передачи энергии

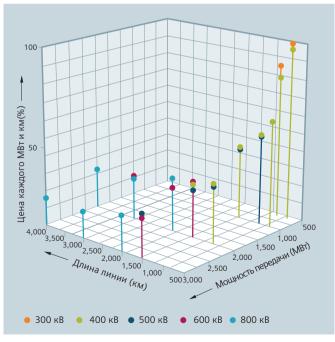


Рис. 2.5-13: Экономический эффект DC напряжения в зависимости от длины линии и мощности передачи

Выбор проводников и проводов заземления

Провода представляют наиболее важный компонент воздушной лини электропередач, поскольку они должны гарантировать экономичную и надежную передачу энергии и составляют значительную часть общей стоимости линии. В течение многих лет, в качестве материала проводника использовался алюминий и его сплавы, благодаря его привлекательной цене, низкому весу и малому необходимому сечению проводника. Тем не менее, алюминий сильно подвержен коррозии. Но, благодаря формированию прочной оксидной оболочки, процесс коррозии останавливается. Поэтому, до определенного предела, алюминиевые проводники хорошо подходят в зонах, где коррозия является проблемой, например морской климат.

Существуют несколько типов конструкции алюминиевых проводников. Полностью алюминиевые проводники (ААС) имеют наивысшую проводимость для данного сечения; но они обладают низкой механической прочностью, которая ограничивает их применение до коротких пролетов и малых усилий растяжения. Для увеличения механической прочности, используют провода из сплава алюминий-магний-кремний. Прочность такого сплава увеличивается вдвое по сравнению с чистым алюминием. Но проводники из одного материала, например, алюминия и его сплавов показывают склонность к образованию вибраций проводов из-за воздушных завихрений. Сложные проводники со стальным сердечником, так называемые алюминиевые проводники с стальным армированием (ACSR), позволяют избежать этот недостаток. Соотношение между алюминием и сталью находится в диапазоне от 4.3:1 до 11:1. Экономически обоснованное решение обеспечивает соотношение алюминий-сталь от 6.0 до 7.7. Проводники с соотношением 4.3 следует использовать в линиях в регионах с сильными ветрами и снеговой нагрузкой. Проводники с соотношением больше, чем 7.7 обеспечивают бОльшую проводимость. Но из-за более низкой прочности, получается большой провис проводов, что требует более высоких опор.

Опыт показал, что ACSR проводники обеспечивают наиболее экономически оправданное решение и обеспечивают срок службы более, чем 40 лет. Проводники выбираются в соответствии с электрическими, термальными, механическими и экономическими аспектами. Электрическое сопротивление, которое зависит от типа материала и сечения проводника-наиболее важный фактор,

который влияет на падение напряжения и потери энергии в длине линии, и соответственно, на стоимость передачи энергии. Сечение должно выбираться исходя их допустимой температуры, которая не должна превышаться во время нормальной работы и во время коротких замыканий. С увеличением сечения растет стоимость линии, но при этом снижаются потери в линии. В зависимости от длины линии и требуемой передаваемой мощности, сечение может выбираться исходя из минимальных затрат при передаче энергии. Тепловой баланс от омических потерь, солнечной радиации, естественной конвекции излучения определяет температуру проводника. Плотность тока от 0.5 до 1.0 А/мм2 для алюминиевого проводника является наиболее экономичным решением в большинстве случаев.

Высокое напряжение вызывает высоковольтный градиент на поверхности проводника, что вызывает коронные эффекты, такие как видимые разряды, радио интерференцию, слышимый шум и потери энергии. При выборе проводника, градиент АС напряжения должен быть ограничен в диапазоне от 15 до 17 кВ/см. В то время как слышимый шум DC линий появляется в основном у положительного полюса и этот шум отличается от шума АС линий, так отличается и субъективное восприятие. Поэтому для DC допустимый градиент напряжения выше, чем для AC линий. Максимально рекомендуемой значение 25 кВ/м. Напряжение в линии и диаметр проводника- это одни из основных факторов, влияющих на поверхностный градиент напряжения. Для того, что не превышать градиент, проводник может разделяться на несколько. В результате эквивалентный диаметр проводника получается больше, чем диаметр одного общего проводника с таким же сечением. Этот аспект важен для линий с напряжением 245 кВ и выше. Поэтому так называемые расщепленные проводники наиболее часто используются для линий с высоким и экстра высоким напряжением. В таблице 2.5-2 показаны типичные конфигурации проводников для АС линий.

С механической точки зрения, проводники должны быть спроектированы для повседневных условий эксплуатации и выдерживать максимальные нагрузки от ветра и льда. Для гарантирования сохранности проводника, средняя рабочая механическая нагрузка не должна превышать 20% от максимально допустимой силы растяжения проводника. Максимальная рабочая нагрузка не должна превышать 40% от допустимой для проводника

Номинальное напряжение	кВ	2	0	110		220		380		700
Наибольшее рабочее напряжение сети	кВ	24		123		245		420		765
Номинальное сечение проводника	MM ²	50	120	150	300	435	связка 2х240	связка 4х240	связка 2х560	связка 4х560
Диаметр проводника	MM	9.6	15.5	17.1	24.5	28.8	2x21.9	4x21.9	2x32.2	4x32.2
Сила тока (температура проводника 80 °C)	[A]	210	410	470	740	900	1,290	2,580	2,080	4,160
Допустимая тепловая мощ- ность	МВт	7	14	90	140	340	490	1,700	1,370	5,400
Сопротивление при 20 °C	[Ом/км]	0.59	0.24	0.19	0.10	0.067	0.059	0.030	0.026	0.013
Реактивное сопротивление при 50Гц	[Ом /км]	0.39	0.34	0.41	0.38	0.4	0.32	0.26	0.27	0.28
Емкость эффективная	[нФ/км]	9.7	11.2	9.3	10	9.5	11.5	14.4	13.8	13.1
Емкость относительно земли	[нФ/км]	3.4	3.6	4.0	4.2	4.8	6.3	6.5	6.4	6.1
Мощность заряда	[кВА/км]	1.2	1.4	35	38	145	175	650	625	2,320
Ток утечки на землю	[А/км]	0.04	0.04	0.25	0.25	0.58	0.76	1.35	1.32	2.48
Полное сопротивление	[Ом]	360	310	375	350	365	300	240	250	250
Мощность естественного реактивного баланса	МВт	-	-	32	35	135	160	600	577	2,170

Таблица 2.5-2: Электрические характеристики воздушных АС линий (данные относятся к одной цепи двух цепных линий)

Провода заземления могут защитить линию от прямого попадания молнии и улучшить поведение линии при коротких замыкания; поэтому линии с фазным напряжением от 110 кВ и выше обычно укомплектованы проводами заземления. Провода заземления изготовлены из ACSR проводников с достаточным сечением для удовлетворения требований.

Начиная с начала 1990-х, все большее количество проводников заземления для воздушных линий сверх высокого напряжения выполнены как оптические провода заземления (OPGW). Такой тип проводников заземления сочетает функции обычного провода заземления, как было описано выше, а также обладает способностью к передаче большого количества данных через оптические волокна, интегрированные в OPGW. Передача данных необходима для связи между двумя станциями в пределах ВНПТ объединенной энергосистемы для удаленного контроля электростанций. OPGW в таком случае становиться основной средой для коммуникации в пределах объединенной энергосистемы. OPGW в основном представляет собой один или несколько слоев алюминиевого сплава с/или стальные нити с алюминиевой оболочкой. Однослойная конструкция используется в областях с малым количеством гроз в году и малыми значениями токов короткого замыкания.

Выбор изоляторов

Изолятор воздушной линии это объект электрического и механического воздействия, потому что они, во-первых, должны изолировать проводник от потенциала относительно земли. а. во-вторых, обеспечивать физическую опору. Изоляторы должны быть способны выдерживать все воздействия при любых условиях, встречающихся на каждой конкретной линии.

Электрическое воздействие происходит из-за:

- Стационарного рабочего напряжения промышленной частоты (наивысшее напряжение в системе)
- Временные перенапряжения на рабочей частоте сети
- Коммутационных и грозовых перенапряжений

Типы изоляторов

В зависимости от требований и опыта используется разнообразные конструкции изоляторов:

- Тарельчатый изолятор (рис. 2.5-14), изготовленный из фарфора или предварительно напряженного стекла. Каждый отдельный элемент соединяется арматурой из ковкого чугуна или кованного железа. Тело изолятора не стойко к пробою, что вызывает относительно большое количество побоев изоляторов
- Наиболее широкое распространение получили подвесные стержневые изоляторы, изготовленные из глиноземистого фарфора (рис. 2.5-15). Такие изоляторы стойки к пробою. Пробои во время работы возникают крайне редко. Подвесные стержневые изоляторы отлично зарекомендовали себя, особенно в загрязненных территориях. Поскольку фарфор хрупкий материал, фарфоровые подвесные стержневые изоляторы должны быть защищены от изгибающих нагрузок соответствующей арматурой
- Композитные изоляторы-третий тип изоляторов для воздушных линий (рис. 2.5-16). Такой тип изоляторов обеспечивает наилучшие характеристики и надежность, особенно с учетом всех улучшений за последние 20 лет, и применяются они уже более 30-и лет

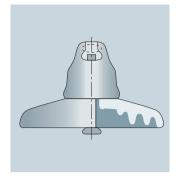
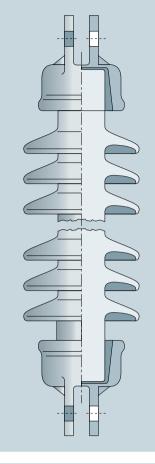


Рис. 2.5-14: **Тарельчатый** изолятор

Рис. 2.5-14: Подвесной стержневой изолятор со скобчатыми крышками



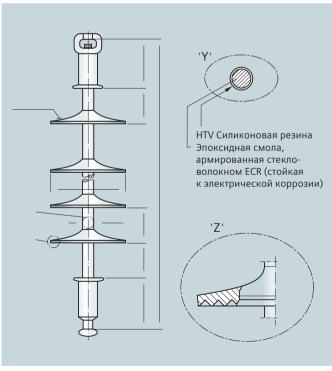


Рис. 2.5-16: Композитный изолятор, армированный стекловолокном с шаром и посадочными фитингами (изолятор Lapp)

2.5 Линии электропередач

Композитный изолятор изготовлен из эпоксидной смолы, армированной стекловолокном. Применяется стекловолокно ECR, которое стойко к хрупкому разрушению (ЕСЯ-стекловолокно, стойкое к электрической коррозии). Для избегания хрупкого разрушения, стекловолоконный стержень должен быть очень тщательно защищен от влаги. Это достигается за счет применения силиконовых прокладок. В наши дни используется силикон с высокотемпературной вулканизацией (HTV).

Силиконовая прокладка имеет две функции в данном типе изо-

- Герметизация стекловолоконного стержня
- Обеспечения необходимой изоляции короба для провода в юбке изолятора

На обоих концах изолятора запрессована металлическая арматура в стекловолоконный стержень, в сочетании с шаром, либо скобчатыми соединительными фиттингами. Начиная с 1980 гг. запрессованные фиттинги являются превалирующим типом. Очень важно уплотнение пространства между фитингом и силиконовым корпусом для защиты стержня. В наши дни реализуется за счет специального силиконового эластомера, который обеспечивает после вулканизации характеристики клейкого твердого вещества, похожую на жидкость с высокой вязкостью.

Преимущества композитного подвесного стержневого изолятора

- Малый вес, объем и меньше повреждений
- Меньшая длина в сравнении тарельчатым изолятором и фарфоровым подвесным стержневым изолятором
- До 765 кВ переменного тока и 600 кВ постоянного тока необходим только одна секция изолятора (практическая длина ограничена лишь возможностью производственной линии)
- Высокая механическая прочность
- Вандалоустойчив
- Хорошие показатели при применении в загрязненных областях, за счет гидрофобности(водонепроницаемости) силиконовой резины

Преимущества гидрофобности:

- Силиконовая резина обеспечивает отличную водонепроницаемость в течении длительного времени; большинство остальных материалов теряют
- свои свойства с течением времени
- Силиконовая резина также способна возвращать свою гидрофобность после временной потери ее.
- Изолятор из силиконовой резины также способен делать на своей поверхности загрязненные слои водонепроницаемыми(передача гидрофобности)
- Низкая проводимость поверхности, даже загрязненной и очень малые токи утечки даже во влажных условиях

Наборы гирлянд изоляторов

Подвеска набора изоляторов несет на себе вес проводника, включая дополнительную нагрузку от льда и ветра и расположена почти вертикально. Используются наборы І-формы (рис. 2.5-17а) и V-формы. Натяжные наборы изоляторов (рис. 2.5-17b, 2.5-17с) завершают проводник и расположены в направлении проводников. Поскольку они нагружены растягивающим усилием проводника, то должны быть соответствующим образом рассчитаны. Существует множество вариантов наборов изоляторов- одинарные, двойные, тройные и более для восприятия механических нагрузок и выполнения требований проекта.

Проектирование путей утечки и воздушных зазоров Основными факторами при расчете изоляции является напряжение, которое она должна выдерживать, а также уровень загрязнения, которому она подвергается. Стандарты МЭК 60071-1 и МЭК 60071-2, а также технический отчет МЭК 60815, вводят 4

класса загрязненности (в новой версии будет 5 классов) и дают рекомендации в проектировании изоляции.

Поскольку МЭК 60815 применяется к линиям переменного тока, следует отметить, что рекомендации по путям утечек основаны на линейном (междуфазным) напряжении ($U_{L\text{-}L}$). При применении этих рекомендаций по путям утечки из MЭК 60815 к линиям постоянного тока, следует заметить, что постоянное напряжение - это величина полюс-земля ($U_{\iota, \mathcal{E}}$). Поэтому эти значения путей утечек должны быть умножены на коэффициент √3. Более того, следует заметить, что значение величины переменного напряжения относится к среднему значению, в то время как постоянное напряжение можно сравнить с пиковым значением, что требует дальнейшего умножения на коэффициент √2.

Изоляторы, работающие с постоянным напряжением, находятся в менее благоприятных условиях, чем при работе с переменным напряжением, из-за бОльшего скопления грязи за счет постоянного однонаправленного электрического поля. Надо учитывать фактор загрязненности при использовании постоянного тока. В таблице 2.5-3 показаны конкретные величины путей утечек для различных материалов изоляторов, которые основаны на опыте энергетических компаний в Южной Африке и Китае. Эти результаты были подтверждены опытным производителем изоляторов в Германии. Указанные корректирующие коэффициенты справедливы только для фарфоровых изоляторов. При рассмотрении композитных изоляторов, можно применить дополнительный снижающий коэффициент 0,75. Значения для систем постоянного тока следует рассматривать только как ориентировочные, и должны независимо проверяться при реализации новых ВНПТ проектах.

Чтобы выдерживать коммутационные и грозовые перенапряжения, изоляторы должны проектироваться с соблюдением требований к изоляции в соответствии со стандартами МЭК 60071-1 и МЭК 60071-2. Эти технические аспекты определяют зазор между заземленной арматурой и частями, находящимися под напряжением. Следует также отметить, что переключающие импульсы в ВНПТ сетях имеют второстепенное значение, поскольку импульсы от срабатывания выключателей в линиях переменного тока не передаются на компенсационные линии постоянного тока. Такие линии контролируются и управляются через свои собственные вентильные системы управления. В целях выбора изоляции надлежащим образом, рекомендуется основной уровень прочности изоляции и уровень полной безопасности применять таким же как и для эквивалентной изоляции для переменного тока (определенная исходя из дуговых промежутков).

Выбор и проектирование опор

Напряжение на линии, количество цепей (переменный ток) или полюсов (постоянный ток), тип проводников, конфигурация цепей определяют конструкцию воздушной линии передач. Также должны рассматриваться такие факторы как грозозащита с помощью заземленных проводников, особенности местности и доступное пространство для башен электропередач. В густонаселенных местностях, как например, в Центральной Европе, ширина зоны отчуждения и доступное пространство для башен ограничена. В случаях сверх высоких напряжений, конфигурация проводника влияет на электрические характеристики, электрическое и магнитное поля, а также пропускную способность линии. Очень часто возникают противоречащие требования, например, насколько возможно низкие башни и минимальная зона отчуждения, что может быть удовлетворено только компромиссными решениями. Минимальный зазор от проводников зависит от величины напряжения и провисания провода. В районах с сильным обледенением, проводники не следует располагать вертикально для избегания их соприкосновения после схода льда.

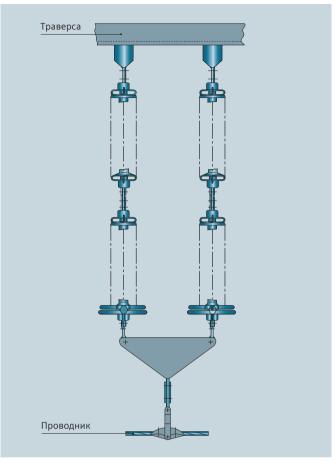


Рис. 2.5-17а: Комплект подвесного изолятора І-формы 245 кВ

МЭК 60815 уровень		Фарфоровые и стек- лянные изоляторы		Композитные изо- ляторы	
		Сети перем. тока	Сети пост. тока	Сети перем. тока	Сети пост. тока
1 Легкий	[мм/кВ]	16	39	12	29
II Средний	[мм/кВ]	20	47	15	35
III Средний	[мм/кВ]	25	59	19	44
IV Очень тяжелый	[мм/кВ]	31	72	24	54

Таблица 2.5-3: Указания по путям утечки для разных изоляционных материалов

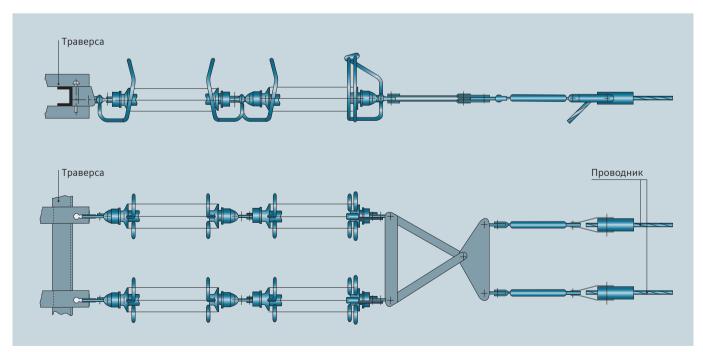


Рис. 2.5-17b: Двойной натяжной изолятор 245 кВ (вертикальная проекция, верх)

Рис. 2.5-17с: Двойной натяжной изолятор 245 кВ (вид в плане, низ)

Для линий с низким и средним напряжением, горизонтальная конфигурация проводников предпочтительна; для таких конфигураций применяются как линейные опорные изоляторы, так и подвесные изоляторы. Предпочтительны опоры, изготовленные из дерева, бетона или стали. На рис. 2.5-18 показаны некоторые типовые конфигурации. Применение заземленных проводов не требуется для этих уровней напряжения.

Для линий высокого и ультра высокого напряжения доступно много различных конфигураций в зависимости от количества цепей (переменный ток) или полюсов (постоянный ток) и местных условий. Из-за очень малых зон отчуждения, довольно большое количество высоковольтных линий передач переменного тока в Центральной Европе содержат как минимум две цепи. На рис. 2.5-19 показаны возможные конфигурации башен. Компоновка «е» называется «Дунай» и находит частое применение. Она предоставляет оптимальный компромисс между шириной полосы отчуждения, высоты башни и стоимости линии.

Для линий переменного тока, включающих в себя более двух цепей, существует большое количество возможных конфигураций опор. В случае цепей различного напряжения, цепь с более низким напряжением должна располагаться на низшей позиции рис. 2.5-19g. Линии постоянного тока механически сконструированы в соответствии с практикой типовых линий переменного тока. Отличия от компоновки линий переменного тока

- Конфигурация проводников
- Требования к электрическому полю
- Конструкция изоляторов

Для линий постоянного тока, следует рассмотреть две базовые схемы-монополюсная и биполюсная. На рис. 2.5-19i–I показаны

примеры конфигурации ВНПТ линии, которые можно применять для любых уровней напряжения.

Расположение изоляторов зависит от типа опор на линии. Промежуточные опоры обеспечивает прямолинейность проводников и устанавливаются при малых углах поворота линий. Такой тип опор обеспечивает наименьшие финансовые затраты, поэтому такой тип опор предпочтителен. Анкерные опоры должны воспринимают нагрузку от растяжения проводников в точках крепления. Натяжные изоляторы передают силы натяжения от проводников к опоре. Конечные опоры используются для завершения линии передачи. Они воспринимают общую нагрузку от растягивающего усилия проводника каждой на стороне линии (даже в случае несбалансированных нагрузок, например, когда проводник на одной из стороне опоры поврежден) и снижают нагрузку от натяжки для подстанций

При проектировании опор должен учитываться широкий круг условий нагрузок, описанных в соответствующих национальных и международных стандартах. Следующими факторами при проектировании являются климатические условия, требования с сейсмостойкости и другие факторы окружающей среды каждой конкретной местности.

При проектировании опор также необходимо учитывать ряд факторов. Сильный ветер и снеговая нагрузка вызывают максимальные действующие усилия на промежуточные опоры. В районах с сильным обледенением, несбалансированные силы от натяжения проводников могут вызывать нагрузку от кручения. Поэтому должны учитываются дополнительные факторы от нагрузок для повышения надежности и минимизации ущерба в случае аварий.

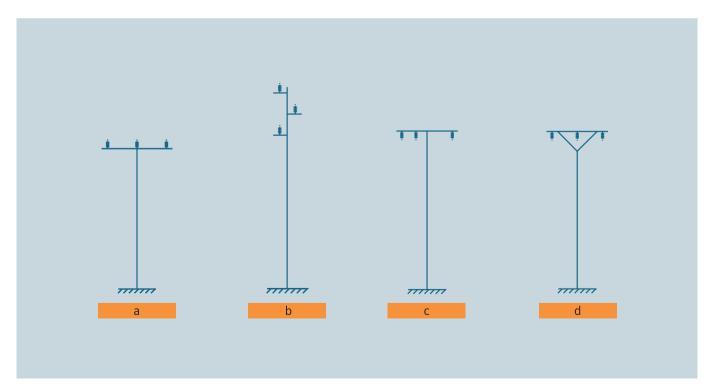


Рис. 2.5-18: Конфигурации опор для среднего напряжения

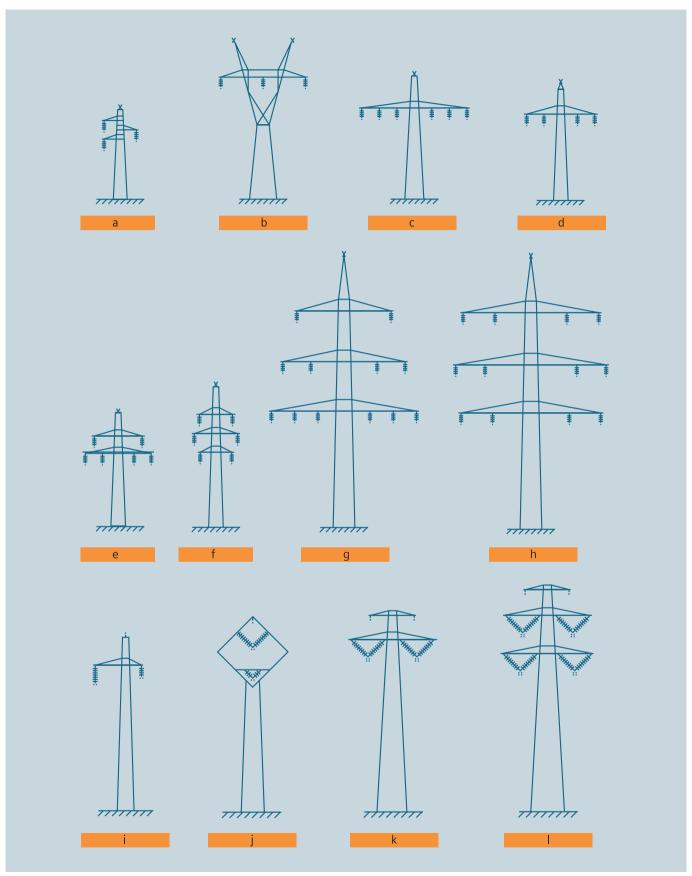


Рис. 2.5-19: (a-h): конфигурации опор для линий высокого напряжения (переменных ток); (i-l): конфигурации опор для линий высокого напряжения (постоянный ток)

В зависимости от уровня напряжения и действующих сил на воздушной линии применяются различные материалы и конструкции. Опоры, изготовленные из дерева, бетона и стали часто используются для линий малого и среднего напряжения. Башни с решетчатой стальной конструкцией превалируют при уровнях напряжения 110 кВ и выше рис. 2.5-20. Вантовые стальные конструкции используются в некоторых частях мира для линий высокого напряжения постоянного и переменного тока. Такая конструкция требует относительно равнинной местности и безопасной обстановки, где нет угрозы вандализма и воровства. Вантовая стальная конструкция обеспечивает существенную экономию средств за счет снижения веса башни и размера фундамента. Однако, в этом случае требуется широкая зона отчуждения.

Фундамент для опор

Опоры воздушных линий передач устанавливаются на бетонный фундамент. Фундамент должен быть спроектирован в соответствии с национальными и международными стандартами применительно к конкретному проекту.

Выбор типа фундамента и конструкцию определяется следующим:

- Нагрузки от конструкции опоры
- Механика грунтов местности
- Доступ к линии маршрута
- Наличие техники
- Ограничения конкретной страны и местности

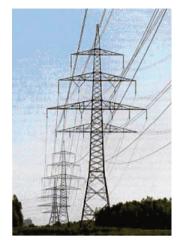
Бетонные блоки и сваи используются для опор, которые передают изгибающие моменты на фундамент. Для башен с четырьмя стойками, фундамент изготавливается для каждой отдельной стойки рис. 2.5-21. Грибовидный фундамент и фундамент на бетонных блоках требует хорошей несущей способности грунта без грунтовых вод.

Забивные или буронабивные сваи используются для грунтов с малой несущей способностью, для местностей, где несущий слой находится на значительной глубине и с высоким уровнем грунтовых вод. В случае высоких грунтовых вод, условия почвы должны позволять забивку свай. Бетонные плиты могут использоваться для грунтов с высокой несущей способностью, когда подпочва и уровень грунтовых вод не допускают использование в качестве фундамента опорных плиты и блоков, а также свай.

Выбор маршрута и места опор

Выбор маршрута и проектирование представляет собой очень сложную задачу, поскольку зона отчуждения для линий электропередач ограничена и необходимо учитывать множество других аспектов и интересов.

Выбор маршрута и одобрение зависят от установленных правовых условий и процедур страны, в которой осуществляется проект. На сегодняшний день выбор маршрута включает в себя предварительное изучение всех возможных маршрутов, изучение влияния на окружающую среду, публичные слушания и одобрение со стороны местных властей.





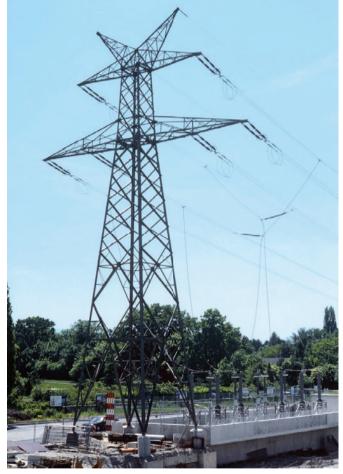


Рис. 2.5-20: Типовые линии переменного тока в Центральной Европе с различными уровнями напряжения.

После проектирования маршрута и процедуры одобрения утверждается конечная линия маршрута линии. После одобрения и утверждения, должны быть проведен обзор продольного профиля линии и определены все пересечения над дорогами, реками, железнодорожными путями, здания и другими воздушными линиями. Результаты оцениваются с помощью специальной программы, разработанной Siemens, которая рассчитывает и распечатывает контур линии маршрута. Положение опор определяется с помощью этой же программы, которая учитывает провисание проводов при различных условиях, расстояние от проводника до земли, объекты, пересекаемые линией, технические характеристики доступной серии опор, их стоимости и компенсаций для владельцев земли.

Результатом является конструкция линии, которая учитывает технические, финансовые аспекты и условия окружающей среды. Планирование линии формирует базис для закупки материалов и возведения линии. На рис. 2.5-22 показывает профиль линии, рассчитанный с помощью компьютера

Деятельность и опыт Siemens

Вот уже больше 100 лет Siemens работает в области воздушных линий электропередач. Деятельность Siemens включает в себя проектирование и возведение сельских сетей электрификации, распределительных линий низкого и среднего напряжений, линий высокого напряжения и оборудования для сверхвысокого напряжения.

Чтобы дать представление о том, что было выполнено Siemens, необходимо сказать, что возведено приблизительно 20 000 км высоковольтных линий напряжением до 245 кВ и 10 000 км линий с сверхвысоким напряжением выше 254 кВ. Воздушные линии электропередач были возведены Siemens в Германии и Центральной Европе, а также на Средней Востоке, Африке, Дальнем Востоке и Южной Америке.

Выдающиеся проекты линий передач переменного тока:

- Линии электропередач 420 кВ через реку Эльба в Германии, включающие 4 цепи и требующие опоры высотой 235 км
- Линии электропередач 420 кВ через Босфор (Пересечение II) в Турции (1983) с пролетом примерно 1800 м (рис. 2.5-23)
- 500 кВ Суэцкий Пролет (1998); высота промежуточных опор 220 м
- 420/800 кВ Пролет Босфор III в Турции (1999)

Кроме того, Siemens возвел две ВНПТ соединительные линии, как проекты «под ключ» включая ВНПТ воздушные линии электропередач. Первый проект - 300 кВ соединительная линия из Таиланда до Малайзии (биполярная передающая линия, рис. 2.5-24); второй проект 400 кВ ВНПТ линия Basslink в Австралии (монополярная передающая линия, рис. 2.5-25а-с).

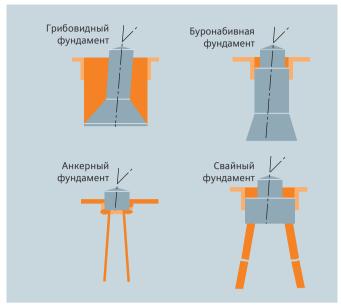


Рис. 2.5-21: Фундаменты для четырхстоечных опор

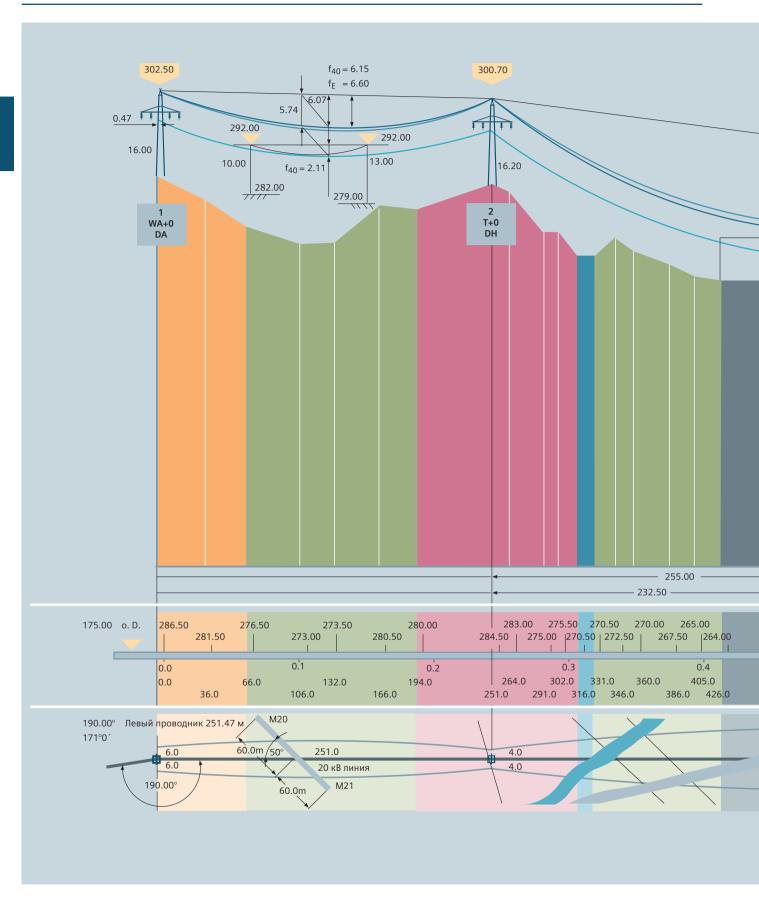
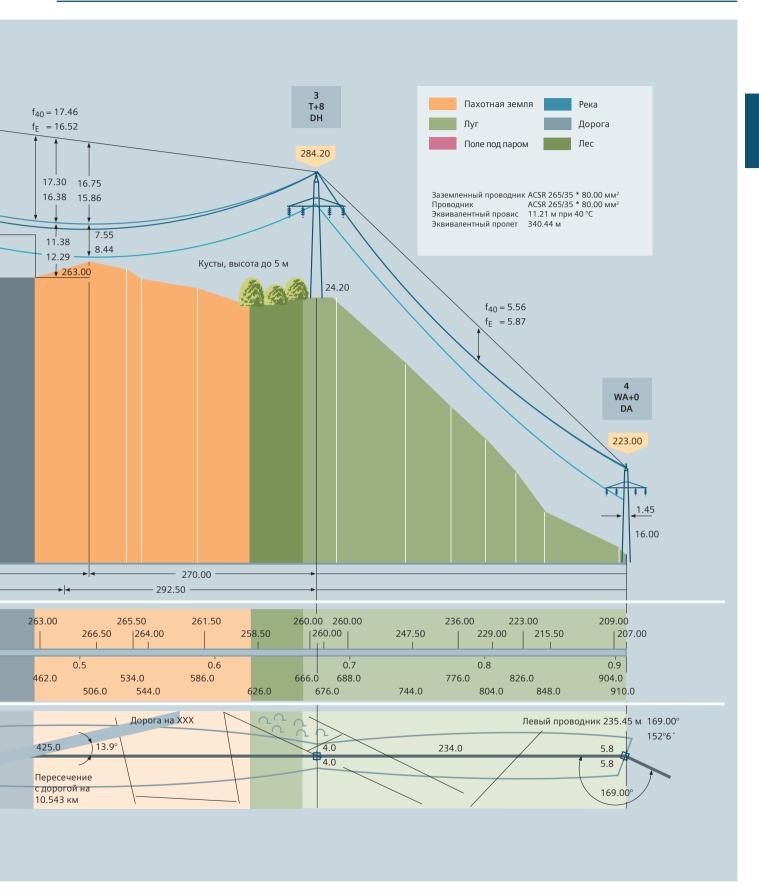


Рис. 2.5-22: Профиль линии, рассчитанный с помощью компьютера



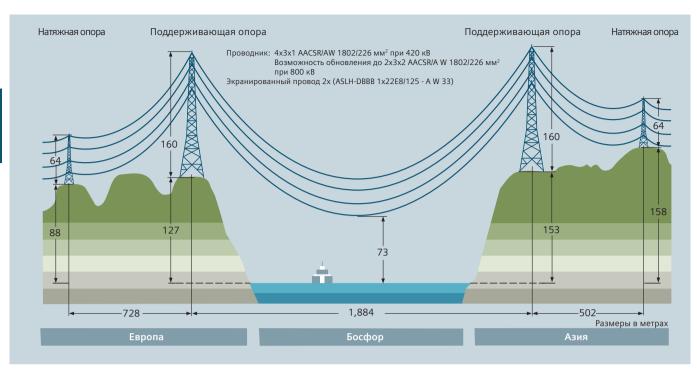


Рис. 2.5-23: 420/800 кВ линия через Босфор, продольный профиль



Рис.2.5-24: 300 кВ ВНПТ соединительная линия из Таиланда до Малайзии(биполярная передающая линия

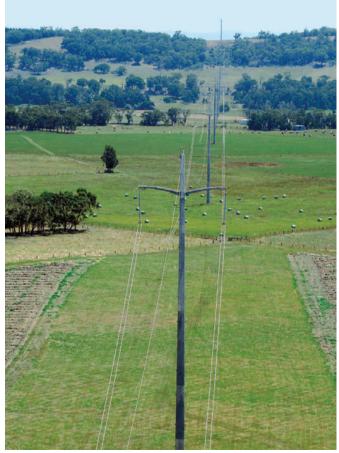


Рис. 2.5-25a: 400 кВ ВНПТ линия Basslink в Австралии (монополярная передающая линия)





Рис. 2.5-25b, c: 400 кВ ВНПТ линия Basslink в Австралии (монополярная передающая линия)

Для получения дополнительной информации, пожалуйста, обращайтесь: Fax: ++49 (0)91 31 7-3 20 94 E-mail: dirk.ettrich@siemens.com

2.6 Решения для доступа к энергосистеме для децентрализованной выработки энер-ГИИ

Решения для доступа к энергосистеме- это специально разработанные решения для модулей децентрализованной генерации энергии и удаленной нагрузки. Они представляют собой неотъемлемую часть развития Smart Grid и Super Grid (см. главу 1). Решения для доступа к энергосистеме включают в себя согласование наилучшим образом контрастирующих параметров, таких как высокая надежность, низкая инвестиционная стоимость и эффективная передача энергии. Например, в конструкции высоковольтных морских платформ для подключения морских ветровых станций к сети (рис. 2.6-1) особое внимание уделяется интеллектуальным системам сбора на уровне среднего напряжения, после чего следует конструирование передающей системы высокого уровня и береговой принимающей подстанции, и компенсация реактивной энергии для соответствия требованиям местной сети.

Готовые предложения и исполнение проекта

Предлагая готовые решения (рис. 2.6-2) Siemens обеспечивает целостную структуру сложного проекта, включая администрирование проекта, конструирование и инжиниринг, работа с субподрядчиками, контроль и поставка оборудования. А также определение приоритетного оборудования для поставок, отгрузка, транспортировка, контроль за графиком исполнения, пусконаладочные работы, сдача в работу, тестирование для гарантирования необходимой производительности и качества работы, а также обучение эксплуатационного и обслуживающего персонала заказчика.

Как для AC, так и для DC технологий передачи энергии Siemens предлагает широкий спектр решений. Технические ограничения для модулей децентрализованной генерации энергии и удаленных нагрузок в вопросах подключения с системами передачи АС и DC хорошо известны и соответствующим образом решаются. Инженерная экспертиза Siemens учитывает все-от базовых концептуальных вопросов конструкции до цифровой и реальной симуляции, и берет на себя всю ответственность за представленное решение, что необходимо при выполнении таких проектов.

Системные и проектировочные исследования, инжиниринг Конечная конструкция и спецификация всего оборудования для установки определяется с помощью системных и проектировочных исследований. Важные шаги для достижения итоговых критериев проектирования включают в себя определение оптимизированной экономики в пределах системы модулей генерации энергии, интеграция этой системы в сеть, определение и конфигурирование компонентов сети, проведение исследований потоков мощности и расчеты токов короткого замыкания для целой системы.

Более того, должны быть определены концепция заземления и координация изоляции для всей сети. Также должны быть проверены статические и динамические характеристики системы и определен тип компенсации реактивной энергии(статическая или динамическая). Должны быть исследованы резонансные явления для всех элементов, начиная от системы в целом и до кабелей, трансформаторов, реакторов, ветровых турбин и наборов конденсаторов. Должна быть установлена совместимость и соответствие с требованиями сети, а также утверждена система управления и защиты.

Высоковольтные морские платформы

Морские подстанции для ветровой энергии Siemens (WIPOS™) представляют собой оптимальное решение для гарантирования работы станции в течении длительного срока времени. Вместе с WIPOS™ Siemens играет инновационною роль в конструировании, проектировании и монтаже морских платформ (см. главу 2.6.1 Примеры проектов).

В отрасли морских ветровых станций, слово «платформа» отражает два конструкционных модуля, называемых «палуба», где установлено все оборудование высокого и среднего напряжения, и «фундамент»- модуль, который работает как основа для палубы. Siemens предлагает оптимальные конструкции для обоих модулей, путем совмещения усилий морских экспертов и экспертов в области судостроения.

WIPOS (рис. 2.6-3) работает как интерфейс между ветряными турбинами и материком, посредством чего энергия, полученная от ветра, собирается воедино и затем передается через отводящие кабели к точке подключения на берегу.



Рис. 2.6-1: Комплексный обзор для АС и DC подключений морских ветряных станций

Решения для передачи и распределения энергии

2.6 Решения для доступа к энергосистеме для децентрализованной выработки энергии



Рис. 2.6-2: Siemens выполняет проекты на базе EPC-контракта (выполняет инжиниринг, закупку и монтаж оборудования)

Типовая конструкция представляет собой многоярусную конструкцию с основной палубой, где установлено все основное электротехническое оборудование и вертолетной площадкой для посадки вертолетов, спроектированной в соответствии с авиационными требованиями.

Помимо полноплатформенного подхода, Siemens также предлагает концепцию самоподъемных платформ, которые обладают эксплуатационной гибкостью, а также упрощенной процедурой транспортировки и монтажа, благодаря исключению тяжелых судовых подъемных кранов. Siemens предлагает семейство WIPOS конструкций, удовлетворяющим различным погодным условиям на морской станции, приливам и отливам, а также состоянию морского дна с тремя основными конфигурациями:

- WIPOS самоподнимающаяся конструкция
- WIPOS палубная конструкция (палуба/башня)
- WIPOS плавающая конструкция



Рис 2.6-3: Модель морской подстанции для ветровой энергии (WIPOS): Siemens обеспечивает полноценные решения для подключения к сети, с гибкой конфигурацией подстанций как для АС, так и DC приложений

2.6.1 Примеры проектов

Рис. 2.6-4: Морская ветровая станция Лилгранд, состоящая из 48 ветровых турбин, каждая по 2.3 МВт, производитель Siemens Wind Power, установленная в Эресунн. Расположена в национальных водах Швеции, примерно в 7 км от побережья Швеции недалеко от города Мальме. Владелец Vatterfal AB (Ваттерфал AB), Швеция Трансформаторная подстанция 33/138 кВ с трансформатором 120 МВА смонтирована на морской платформе, находящаяся в пределах площади ветровой станции. Передачи энергии осуществляется посредством одного подводного трехфазного кабеля 138 кВ ХІРЕ к существующей станции в Банкофлао (Швеция).

Помимо трансформаторной подстанции на платформе, департамент передачи энергии Siemens произвел сетевые и проектировочные исследования, а также изучение производительности для всей ветровой станции и сетевого подключения.

Работая с конца 2007 года, ветровая морская станция Лилгранд полностью обеспечивает потребности в электричестве примерно 80 000 домов и снижает выбросы углекислого газа на 300 000 тон в год.

Рис. 2.6-5: Морские ветровые станции Линн и Иннер Доузин, состоящие из 54 турбин, каждая 3.6 MBт, производитель Siemens Wind Power, расположены в области Грейт Ваш, в национальных водах Великобритании. Находится примерно в 5 км от побережья Скейтнес, Линкольншир. Владелец Centrica Renewable Energy Itd (Центрика Возобновляемая Энергия лтд), Великобритания.

Трансформаторная подстанция 33/132 кВ с двумя трансформатором 100 MBA находится в Middle Marsh приблизительно в 5 км от моря. Передача энергии от морских ветряных станций осуществляется через 6 подводных трехфазных 33 кВ XPLE кабелей. От подстанции в сеть передача энергии осуществляет через два кабеля 132 кВ. Помимо трансформаторной подстанции и кабельной системы, департамент передачи энергии Siemens произвел сетевые и проектировочные исследования, а также изучение производительности для всей ветровой станции и сетевого подключения.

Подключение к сети было выполнено в январе 2008 года. Обе ветровые станции запущены в работу на полную мощность осенью 2008 года. Станция полностью обеспечивает потребности в электричестве примерно 130 000 домов и снижает выбросы углекислого газа на 500 000 тон в год.

Рис. 2.6-6: Морская ветровая станция Тсанет, состоящая из 100 ветровых турбин, каждая по 3 МВТ производитель Вестас (Дания), расположена в Северном море Находится примерно в 11 км от береговой линии графства Кент. Рис. 2.6-4: Фонес Поинт. Собственник Tsanet Offshore Wind ltd (Тсанет Морской Ветер лтд), Великобритания. Трансформаторная подстанция 33/132 кВ с двумя трансформатором 180 МВА смонтирована на морской платформе, находящаяся в пределах площади ветровой станции. Передача энергии осуществляется через два подводных трехфазных 132 кВ ХРLЕ кабеля. Точка подключения к сети осуществляется через специфическое распредустройство в Ричбара, графство Кент.



Рис. 2.6-4: 2007г. 110 МВт Морская ветровая станция Лилгранд, Швеция



Рис. 2.6-5: 2008г. 180 МВт Морская ветровая станция Линн энд Иннер Доузин, Великобритания



Рис. 2.6-6: 2009г. 300 МВт Морская ветровая станция Тсанет, Великобритания

Решения для передачи и распределения энергии

2.6 Решения для доступа к энергосистеме для децентрализованной выработки энергии

Помимо, морской трансформаторной подстанции, береговой подстанции с компенсационной системой (два SVC PLUS) и фильтрами гармоник и кабельной системы, Siemens произвел сетевые и проектировочные исследования, а также изучение производительности для всей ветровой станции и сетевого подключения.

Подключение к сети было выполнено осенью 2009 года, все 100 ветровых турбин запущены к осени 2010 года. Сейчас морская ветровая станция полностью обеспечивает потребности в электричестве примерно 215 000 домов и снижает выбросы углекислого газа на 830 000 тон в год.

Рис. 2.6-7: Морская ветровая станция Грейт Габбард, с планируемым числом турбин 140 шт., каждая по 3.6 МВт производитель Siemens Wind Power (Дания), расположена в Северном море. Находится примерно в 26 км от побережья города Суффолк.

Собственник Грейт Габбард Морские ветра лтд, Великобритания. Трансформаторная подстанция 33/132 кВ с тремя трансформатором 180 МВА смонтирована на двух морских платформ (Иннер Габбард энд Галопер), находящаяся в пределах площади ветровой станции. Передача энергии осуществляется через три подводных трехфазных 132 кВ ХРLЕ кабеля.

Подключение к сети осуществляется в деревне Сайзвел, Суффолк, где Siemens построил подстанцию компенсации реактивной энергии, чтобы позволить ветряной станции соответствовать сетевым требованиям Великобритании Многоуровневая технология SVC PLUS используется для всех трех отводящих цепей.

И здесь, департамент передачи энергии Siemens осуществил сетевые исследования и проектирование для всей ветряной станции.

Сейчас станция полностью обеспечивает потребности в электричестве примерно 350 000 домов и снижает выбросы углекислого газа на 1 350 000 тон в год.

Рис. 2.6-8: В сентябре 2009 года Siemens выиграл контракт на реализацию первой фазы решения доступа к энергосистеме для престижной морской ветровой станции Лондон Аррэй.

Проект доступа к энергосистеме был реализован в два этапа. В первой фазе, будут доставлены две трансформаторные подстанции (каждая с двумя трансформаторами 150 МВА для объединения 630 МВт мощности, генерируемой 175 ветровых турбин(также поставляемых Siemens), перед ее передачей на берег через основной 150 кВ отводящий кабель.

Siemens отвечает за полностью готовое решение береговой подстанции. Что касается двух морских подстанций, Siemens отвечает за общий проект компоновки для гарантирования, что объект выполняет функции подстанции, включая все основное и вспомогательное оборудование, а также тестирование и ввод в эксплуатацию Расположенная в 24 км от Клактон-он-Си, Эссекс, система будет производить 1000 МВт экологически чистой энергии, достаточной для обеспечения 600 000 домов вдоль Южного берега в Англии, и будет самой большой морской ветровой станцией в мире в 2012 году.



Рис. 2.6-7: **2010г 500 МВт Морская станция Грейт Габбард,** Великобритания



Рис.2.6-8: 2012 630 МВт Лондон Аррэй, Великобритания

Для дальнейшей информации:

http://www.siemens.com/energy/grid-access-solutions http://www.siemens.com/energy/wipos

БоВин2

800 МВт морская ВНПТ PLUS линия **БоВин2**, Германия Для проекта БоВин2, Siemens обеспечит поставку двух инверторов напряжения VSC с технологией ВНПТ PLUS, мошностью 800 МВт. Ветряные станции Вехау Мэйт и Глобал Тек 1 спроектированы для выработки 800 МВт мощности и подключены через Siemens BHПТ PLUS к берегу. Конвертер установлен на морской платформе, где напряжение повышается и затем преобразуется в ±300 кВ DC. Платформа будет вмещать в себя все необходимое оборудование для конвертерной станции ВНПТ: два трансформатора, четыре реактора для компенсации АС кабеля и высоковольтное элегазовое распредустройство. Морские подстанции для ветровой энергии Siemens (WIPOS) спроектированы как плавающие, самоподъемные станции. Энергия передается через подводный и береговой кабель до Дайле, недалеко от Папенбург, где береговая станция конвертации будет преобразовывать DC обратно в АС и подавать ее в АС сеть 380 кВ.



Рис. 2.6-9: БоВин2, 800 МВт ВНПТ PLUS, Северное море

ХелВин1

576 МВт морская ВНПТ PLUS линия **ХелВин1**, Германия Для проекта ХелВин 1 Siemens поставляет инвертор напряжения VSC с мощностью 576 МВт, используя технологию Siemens ВНПТ PLUS. Ветряные станции Нордси Ост энд Меервинд спроектированы для генерирования 576 MBт подключены через Siemens ВНПТ PLUS к берегу. Конвертер установлен на морской платформе, где напряжение повышается и затем преобразуется в ±250 кВ DC. Платформа будет вмещать в себя все необходимое оборудование для конвертерной станции. Так же как и проект БоВин2, Морские подстанции для ветровой энергии Siemens (WIPOS) спроектированы как плавающие, самоподъемные станции. Энергия передается через подводный и береговой кабель до Бъютейл, к Северу от Габурга, Германия, где береговая станция конвертации будет преобразовывать DC обратно в AC и подавать ее в сеть высокого напряжения



Рис. 2.6-10: ХелВин 1, 576 МВт ВНПТ PLUS, Северное море

Решения для передачи и распределения энергии

2.6 Решения для доступа к энергосистеме для децентрализованной выработки энергии

СулВин 1

864 МВт морская ВНПТ PLUS линия СулВин 1, Германия Siemens обеспечит поставку самой большой морской системы конвертации напряжения VSC с мощностью 864 МВт для проекта СулВин 1. Siemens ВНПТ PLUS будет соединять ветряную станцию Дан Тайск с немецким побережьем. Конвертер установлен на морской платформе, где напряжение повышается и затем преобразуется в ±320 кВ DC. Платформа будет вмещать в себя все необходимое оборудование для конвертерной станции ВНПТ: двух трансформаторов, четыре реактора для компенсации АС кабеля и высоковольтное элегазовое распредустройство. Так же как проект БоВин 2 и ХелВин 1, Морские подстанции для ветровой энергии Siemens (WIPOS) спроектированы как плавающие, самоподъемные станции. Энергия передается через подводный и береговой кабель до Бъютейл, где береговая станция конвертации будет преобразовывать DC обратно в AC и передает ее в AC сеть 380 кВ.



Рис. 2.6-11: SylWin 1, 864 MW ВНПТ PLUS, Северное море

ХелВин 2

690 МВт морская ВНПТ PLUS линия ХелВин 2, Германия Департамент энергетики Siemens в консорциуме с итальянским производителем кабелей Prysmian возводит проект ХелВин 2. Это сеть между морской ветряной станцией в Северном море и береговой линией. Заказчик- TenneT TSO GmbH, Байройт, Германия. Подключение к сети, спроектированное как высоковольтная линия постоянного тока, имеет мощность 690 МВт. Амрумбанк Вест, построен в Северном море, примерно в 55 км от побережья, в 35 км к северу от Нелогланд, и 37 км на запад от острова Северный Фризской. Ветряная станция будет иметь мощность в предалах от 300 до 400 МВт. Вместе с Мирвинд и восточными морскими станциями в Северном море Амрумбанк Вест-часть кластера ХелВин в Севрном море.



Рис. 2.6-12: HelWin 2, 690 MW ВНПТ PLUS, Северное море

2.7 Решения в области Солнечной Энергии

Фотоэлектрические системы преобразуют солнечную энергию непосредственно в электрическую безо всяких вредных выбросов в окружающую среду и снижают зависимость от дорогих и заканчивающихся ископаемых энергоресурсов. Государственное стимулирование и увеличивающаяся эффективность делают фотоэлектрические системы все более все более привлекательными для инвесторов и энергетических компаний. Эффективность и мощность сети можно повысить за счет подачи в нее солнечной электроэнергии.

Существуют три основные области применения:

- Подключенные к сети фотоэлектрические системы
 Эти фотоэлектрические системы (мощностью от 5 кВт до 50 МВт в пике) подключены к сети и генерируют альтернативный ток, который подается в сеть или используется напрямую на месте
- Автономные фотоэлектрические системы: Автономные фотоэлектрические системы с батареями для хранения электроэнергии и используются для электроснабжения областей, которые не имеют подключения к электросети
- Гибридные системы для резервного электроснабжения в регионах, где электроснабжение ненадежно.

Компоненты и режим работы

Фотоэлектрическая система, подключенная к сети, обычно состоит из следующих компонентов:

- Солнечных модулей
- Кабельная сеть
- Инверторы и распределительные устройства
- Измерение-учет электроэнергии
- Подключение к общей энергосистеме

Солнечные элементы поглощают солнечный свет и преобразуют его в электрическую энергию, генерируя, таким образом, постоянный ток. Несколько соединенных вместе солнечных элементов образуют солнечный модуль. Солнечные элементы обычно изготавливаются из монокристаллического или поликристаллического кремния. Также быстро растет использование тонкослойных модулей. Модули соединяются в группы и комбинируются в матрицы. Матрицы подключены к инвертору через несколько соединительных коробок. Центральный инвертор преобразует постоянный ток, генерируемый солнечными модулями в переменный ток, который можно подавать в сеть. Оптимальное проектирование структуры и электрических характеристик формирует базис для максимальной эффективности и высокий уровень надежности.

SINVERTsolar инверторы

Базовые элементы для фотоэлектрических систем, подключенных к сети, - электрические инверторы. С номенклатурой инверторов SINVERTsolar, Siemens предлагает сертифицированные, серийно-производимые продукты, которые соответствуют всем важным национальным и международным стандартам безопасности. Благодаря своей конструкции, обеспечивающие электромагнитную совместимость (ЭМС), они также подходят для использования в областях, чувствительных к электромагнитному воздействию.

С помощью инверторов SINVERTsolar также могут быть реализованы большие подсистемы мощностью до 1.6 МВт в пике (комбинация ведущий/ведомый). Устройства, основанные на IGBT технологии, могут обеспечивать КПД до 97%, благодаря чрезвычайно малым потерям. Работа в режиме ведущий/ведомый имеет преимущество в виде возможности работы инверторов в диапазоне близких к оптимальному. Если, например, солнечное

излучение уменьшается, ненужные инверторы могут отключаться автоматически и оставшиеся инверторы загружаются более эффективно и, тем самым, обеспечивается максимально возможная подача электроэнергии в сеть. Ночью все инверторы отключаются, для снижения времени наработки и увеличения времени эксплуатации.

Требования к фотоэлектрическим системам для зданий

При проектировании фотоэлектрических систем, необходимо брать в расчет большое количество конструктивных инженерных требований, поскольку, в основном, при строительстве зданий не рассчитывали применение фотоэлектрических систем. Уже в течение многих лет Siemens развивает очень гибкие структурные и электрические инженерные решения для конкретных приложений для производства солнечной энергии в электрическую. Следующие факторы напрямую влияют на эффективность и, следовательно, на экономическую эффективность при проектировании и монтаже фотоэлектрических систем:

- Расположение системы (максимальное солнечное излучение)
- Ориентация системы (направление на юг оптимально)
- Качество комплектующих (оптимально согласованы между собой)
- Инженерное мастерство (электрическое/механическое)

Доступны следующие интегрированные в задания системы

- Системы, монтируемые на фасад (рис. 2.7-1а)
- Системы, монтируемые на крышу (рис. 2.7-1с)
- Установка на плоские крыши
- Специальные конструктивные инженерные решения (рис. 2.7-1b)

Рекомендации по проектированию

При проектировании фотоэлектронных систем, подключенных к сети (рис. 2.7-2), необходимо заранее четко прописать следующие пункты:

- Выбор наилучшего применения и ориентации(солнечное излучение)
- Выбор наилучшей системы:
 - Принятие решение о суммарной мощности системы в зависимости от размера инвестиций и доступной площади для монтажа системы
 - Составление финансового плана
 - Статический расчет несущей способности крыши и фасада
 - Электрическое и механическое конструирование
 - Определение возможности подачи энергии в сеть и подача заявления в местные распределительные сети

Электричество от систем, смонтированных на крыше и фасаде, обычно подается систему низкого или среднего напряжения местной распределительной системы в виде 3-х фазного тока. Тип тока, который подается в сеть, должен быть согласован с местным сетевым оператором в каждом индивидуальном случае.

Процесс проектирования

Сименс обеспечивает процесс проектирования при поддержке экспертов в области экономических и электрических аспектов, а также базового и детального инжиниринга. Siemens также оказывает помощь в разработке финансового плана. Проекты, выполненные в Нидерландах, могут предложить следующие решения, основанные на многолетнем опыте и установке фотоэлектрических систем, подключенных к сети:

- (Легкая конструкция) Фотоэлектрическая система на плоской крыше
- Интегрированные в здание фотоэлектрические системы (BIPV)
- Системы, смонтированные на фасаде (рис. 2.7-1а)
- Специальные конструктивные инженерные решения (рис. 2.7-1b)
- Системы, смонтированные на крыше (рис. 2.7-1с)
- Солнечная кровля SolarPark™



Готовые решения

Siemens предоставляет все необходимое для надежных и эффективных систем. Его сервис включает установку «под ключ» фотоэлектрических систем, подключенных к системе, охватывая все, начиная от проектирования, поставок оборудования и техническую реализацию приемочных испытаний, мониторинга и обслуживания. Центр Компетенции работает в тесном сотрудничестве с местными представителями Siemens. На сегодняшний день большинство проектов реализованы в Германии, Италии, Испании, Бельгии и Франции.





Для дальнейшей информации:

www.siemens.com/solar

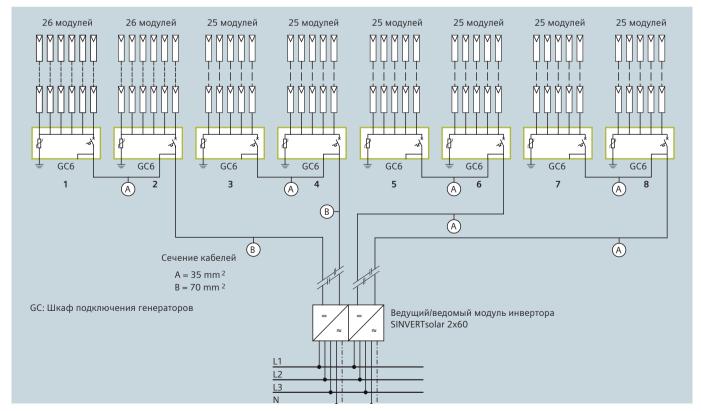


Рис. 2.7- 2: Принципиальная схема структуры фотоэлектрической системы, подключенной к сети

2.8 SIESTORAGE-модульная система накопления энергии

2.8.1 Модульная энергетическая система накопления энергии для устойчивого энергоснабжения

Задача: надежное электроснабжение! Децентрализованные, возобновляемые источники энергии, такие как ветровые турбины и фотоэлектрические системы, делают все больший и больший вклад в баланс энергосистем и стабильности (рис. 2.8-1). Тем не менее, поскольку количество энергии, которое они генерируют невозможно точно предсказать, их увеличивающееся использование создает новые непростые задачи. Такие как обеспечение надежности системы, интеграция в систему электроснабжения, качество напряжения, а также управление в режимах пиковых нагрузок.

Решение: SIESTORAGE - Энергетическая система накопления энергии Сименс - это устойчивое и экологически чистое решение. Системы хранения энергии - это лучшее решение для всех этих проблем. SIESTORAGE гарантирует достаточное количество доступной резервной энергии для баланса и регулирования параметров системы, особенно для источников возобновляемой энергии и позволяет повысить стабильность системы для промышленности, зданий и инфраструктуры. Энергия, запасаемая системой, подается обратно в сеть при необходимости. Провалы в генерации энергии могут компенсироваться в течение нескольких минут или даже часов. SIESTORAGE сочетает в себе новейшую силовую электронику для энергетических систем с высокоэффективными литий-ионным батареями. С компактными батареями и шкафом конвертера, начиная с наименьшего модуля, емкость SIESTORAGE может быть расширена до 2 МВт*час, а мощность до 8 МВт (рис. 2.8-2).

Преимущества с первого взгляда

Энергетическая система накопления энергии SIESTORAGE от Сименс идеально подходит для различных задач. В сравнении с другими энергетическими системами хранения энергии она имеет ряд дополнительных преимуществ, таких как:

- Высокая степень доступности и надежности благодаря модульной конструкции
- Подходит для любых требований за счет высокой гибкости системы
- Простота обращения с модулями батарей (безопасное низкое напряжение), что гарантирует наивысшую степень безопасности для системы и персонала
- Полностью интегрированное готовое решение на протяжении всего жизненного цикла системы
- Параллельное соединение шкафов энергохранения на стороне переменного напряжения гарантирует наивысшую гибкость
- Возможность запуска системы без внешних источников энергии для микросетей
- Полное отсутствие вредных выбросов

Всегда верное решение для хранения энергии

Модульная конструкция (рис. 2.8-3)

SIESTORAGE представляет собой модульное решение для хранения энергии. Батареи и управляющая электроника интегрируются в шкаф в виде вставных модулей. Один шкаф накопления энергии включает в себя до 16 батарейных модулей, с напряжением максимум 60 В постоянного тока. Каждый батарейный модуль можно вытащить, вставить и безопасно переместить. Требуемая мощность и емкость достигается за счет параллельного соединения нескольких шкафов со стороны переменного тока. Оба параметра могут быть адаптированы к требованиям конкретного проекта.



Рис. 2.8-1: SIESTORAGE предлагает решения для распределительных систем с большой долей распределенных источников возобновляемой энергии

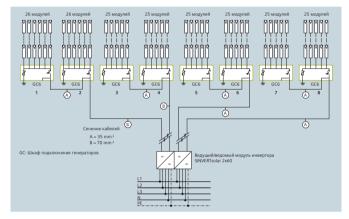


Рис. 2.8-2: Основа модульной системы накопления энергии - прове ренные компоненты

Интеллектуальная система управления батареями контролирует степень заряженности, напряжение и температуру каждого батарейного модуля. Сердце SIESTORAGE -это инвертор напряжения SIPLINK. Батареи заряжаются и разряжаются в сети переменного тока, используя активный выпрямитель SIPLINK. Силовая электроника SIPLINK разработана специально для сложных приложений, таких как соединение систем среднего напряжения и является основой для различных приложений системы SIESTORAGE.

Компоненты управления для всего модуля хранения энергии размещены в отдельном шкафу. Комбинированный шкаф управления и подсоединения может использоваться одновременно для четырех шкафов накопления энергии. Система управляется системой SIMATIC S7 либо по месту, либо через Интернет. Информация о режиме работы системы, например о батареях, вспомогательных системах, распредустройстве среднего напряжения и сообщениях об ошибках отображаются на мониторе оператора и сохраняется на записывающих устройствах.

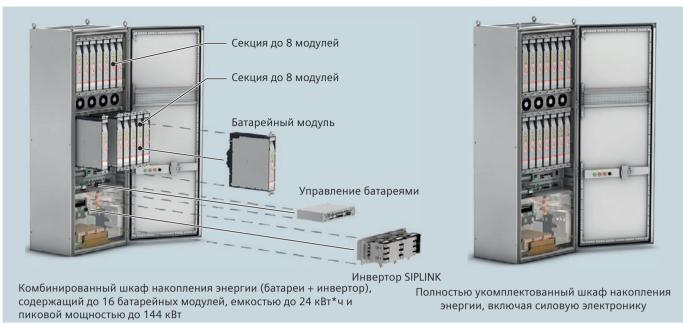


Рис. 2.8-3: Батареи и модули управления вставляются в шкаф как вставные модули, что облегчает замену модулей



Рис. 2.8-4: Интеграция шкафов накопления энергии в стандартные контейнеры гарантирует легкое применение системы

До 12 шкафов накопления энергии могут быть подключены к одному шкафу управления и одному шкафу присоединения к сети. Это обеспечивает дополнительную избыточность для управления большими системами (табл. 2.8-1).

Интегрированное контейнерное решение

До 24 шкафов накопления энергии могут быть установлены в контейнер. Системы с мощностью более 2 МВт/500 кВт*час можно получить за счет нескольких контейнеров. Секция накопления может быть подключена к системе среднего напряжения через трансформатор среднего напряжения и распредустройство. Интеграция шкафов накопления энергии в стандартные контейнеры гарантирует легкость применения и установки системы (рис. 2.8-4). Контейнеры очень легко транспортируются, а также легко и удобно размещаются на месте. Система кондиционирования делает возможным непрерывную работу даже в условиях экстремальных температур окружающего воздуха. Комплексные функции безопасности гарантируют безопасность системы и персонала.



Табл. 2.8-1: Модульное решение для каждого случая применения.

2.8.2 Идеальное решение для широкого круга приложений

Благодаря своей модульности, система SIESTORAGE может быть выполнена в соответствии с требованиями заказчика и, поэтому, используется для широкого круга приложений, таких как стабилизация распределительной системы с высокой долей распределенных источников возобновляемой энергии. Другие приложения включают в себя аварийное электроснабжение чувствительных к остановам производственных процессов (рис. 2.8-6), компьютерных центров и больниц. Также существуют решения по накоплению энергии для энергоэффективных зданий, электросетей островов, малых независимых вспомогательных систем электроснабжения, общественного транспорта и приложения мобильной электрики (рис. 2.8-5).

Интеграция возобновляемых источников энергии

Все больше возобновляемых источников энергии подключаются к распределительной системе. Однако их производительность меняется за счет естественных причин. Это может нарушать баланс между производством энергии и потреблением. SIESTORAGE может компенсировать эти дисбалансы в системе. SIESTORAGE накапливает энергию во время высокого уровня генерации. Система электроснабжения разгружается, а энергия от возобновляемых источников становиться более предсказуемой (рис. 2.8-7).

Микросети

Микросети с генерацией энергии от возобновляемых источников требуют самодостаточного и надежного энергоснабжения. SIESTORAGE накапливает энергию во время высокого уровня генерации энергии и отдает ее в случае необходимости. Это делает систему экологически чистой альтернативой дизель- генераторам. Благодаря возможности запуска SIESTORAGE без внешнего источника питания, электроснабжение может быть восстановлено после перебоев без каких либо проблем. Гарантируется надежное электроснабжение для микросетей.

Отсрочка модернизации системы передачи и распределения энергии

Растущие потребности в энергии и увеличивающаяся доля возобновляемых источников энергии зачастую приводят к тому, что сети работают на пределах своих возможностей. Это приводит к необходимости дорогостоящих капиталовложений для модернизации системы электроснабжения. В случае непосредственных перегрузок, SIESTORAGE хранит запас энергии, который не может быть передан через систему электроснабжения. И он отдает ее обратно в систему в случае высоких нагрузок для предотвращения перегрузки системы. Это означает, что существующие возможности системы значительно возрастают и могут использоваться более эффективно, что может позволить избежать дорогостоящей модернизации системы.

Качество энергии

Системные операторы должны гарантировать постоянно высокое качество энергии. Стремительные провалы и колебания мощности должны компенсироваться. SIESTORAGE в состоянии качественно компенсировать колебания напряжения и частоты. Таким образом, системные операторы смогут гарантировать высокое качество энергии.

Бесперебойное электроснабжение

Центры обработки данных, больницы и производственные процессы требуют абсолютно надежного электроснабжения. Перебои даже на несколько миллисекунд могут иметь серьезные последствия. SIESTORAGE помогает обеспечить надежное электроснабжение. В случае перебоев в сети, единичный потребитель или часть энергосистемы питаются за счет ранее запасенной энергии. SIESTORAGE гарантирует надежное энергоснабжение для критичного оборудования.



Рис. 2.8-5: SIESTORAGE может использоваться для буферизации энергии на станциях зарядки электрических транспортных средств.



Рис. 2.8-6: SIESTORAGE гарантирует высокую надежность и качество энергоснабжения для промышленных процессов

Регулирование частоты

Дисбаланс между генерацией энергии и нагрузкой приводит к колебаниям частоты сети. Это может приводить к нестабильности энергосистем. Системные операторы должны обеспечивать стабильность частоты и обеспечивать кратковременную компенсацию во время сбоев в генерации. SIESTORAGE накапливает энергию во время пиков генерации и потом использует ее в качестве балансной энергии в случае необходимости. SIESTORAGE способствует поддержанию стабильной частоты сети. Это означает, что системные операторы могут гарантировать надежное электроснабжение.

Управление пиковыми нагрузками.

Промышленность и коммунальные предприятия согласовывают фиксированную цену за мощность и максимальную нагрузку. Тем не менее, производственные факторы могут вызывать пики нагрузки. Соглашения о разовых превышениях согласованной максимальной мощности приводят к высоким финансовым расходам. Высоких затрат на покупку энергии можно избежать, используя SIESTORAGE. SIESTORAGE накапливает энергию во время низкого потребления энергии. Потом эта энергия может использоваться для компенсации пиковой нагрузки, без каких либо задержек. Таким образом, промышленные предприятия могут избегать штрафов за превышение установленной максимальной мощности.



Рис. 2.8-7: SIESTORAGE гарантирует независимое энергоснабжение микросетей с возобновляемыми источниками энергии

2.8.3 Поставщик решений для накопления энергии

Полная интеграция от единого источника

Siemens является поставщиком готовых решений: от разработки и проектирования сетей до управления целыми проектами, а также монтажом, запуском в эксплуатацию и дополнительным сервисом. Siemens гарантирует, что компетентное контактное лицо всегда находится в досягаемой близости от любого проекта по всему миру (см. также рис. 2.9-7, стр. 54).

Экологическая чистота и устойчивость

Всесторонний подход Siemens способствует максимизации доходности и оптимизации энергопотребления. Минимизируется урон окружающей среде и гарантируется длительная рентабельная эксплуатация. Сотрудничество с сертифицированными региональными партнерами гарантирует доступность программы рециклинга для батарейных модулей SIESTORAGE соответствует наивысшим стандартам и требованиям к защите окружающей среды (в соответствии с SN 36650 (1997-6), Часть1).

Безопасность во всех отношениях.

Оценки, даваемые независимыми испытательными институтами, доказывают, что модульная система SIESTORAGE обеспечивает наивысшую степень безопасности во всех отношениях. Безопасная эксплуатация подтверждена на основе оценки рисков. Безопасность персонала, работающего с SIESTORAGE, гарантирована, поскольку максимальное напряжение при работе с индивидуальными батарейными модулями не превышает 60 В. Опасное напряжение постоянного тока остается безопасно недоступным внутри батарейного шкафа. Нет необходимости синхронизации шкафов со стороны батарей, поскольку обеспечивается их параллельное соединение со стороны переменного тока. Это гарантирует чрезвычайно высокий уровень доступности системы и низкие затраты по обслуживанию.

Первый проект в Италии

SIESTORAGE с мощностью в 1 МВт и емкостью 500 КВтч установлен в распределительную сеть среднего напряжения крупнейшей энергетической компании Италии- Enel. Enel использует его для изучения новых решений Smart Grid для регулирования напряжения, интеграции возобновляемых источников энергии в систему среднего напряжения, интеграции станций зарядки электрических транспортных средств в сеть среднего напряжения, а также возможностей запуска сетей без внешней подачи напряжения (рис. 2.8-8).



Рис. 2.8-8: SIESTORAGE с мощностью в 1 МВт и емкостью 500 КВтч установлен в распределительную сеть среднего напряжения крупнейшей энергетической компании Италии - Fnel.

2.9 SIEHOUSE - электрификационные установки

2.9.1 Компактные, мобильные - "включай и работай" электрификационные установки для распределения энергии.

В электрификационной установке монтируется и подключается в одном корпусе широкий спектр силового, управляющего и коммуникационного оборудования. Это обеспечивает безопасность, гибкость электроснабжения, а также необходимую защиту работающего персонала и оборудования (рис. 2.9-1). Электрификационные установки SIEHOUSE от Siemens — это готовый модульный корпус, который полностью сконструирован, произведен, собран и протестирован на заводе Siemens, а затем подключен по месту (рис. 2.9-3).

Гибкое и надежное решение энергоснабжения

Электрификационные установки являются стандартом для нефтяной и газовой промышленности в течение уже многих лет. Также они все больше используются для монтажа оборудования и в других отраслях промышленности, коммунального хозяйства и объектах инфраструктуры. Монолитное строительство часто очень дорогое для многих проектов. В других случаях, план проекта не предусматривает возведение по месту или невозможность получения разрешения на строительство. Электрификационные установки SIEHOUSE представляют собой идеальное решение для таких случаев. Их можно устанавливать без существенных затрат по времени и легко адаптировать практически для любых ситуаций и приложений. Они обеспечивают надежное электроснабжение, используя оптимально доступное пространство, могут легко перемещаться и использоваться как временное решение, требующее минимального к себе внимания. SIEHOUSE не создает неудобств для уже запущенных процессов и увеличивают общую гибкость проекта. В зависимости от условий окружающей среды и других требований проекта, электрификационные установки SIEHOUSE могут быть эффективной и выгодной альтернативой традиционным строящимся по месту подстанциям.

Преимущества SIEHOUSE в сравнении с классическими подстанциями:

- Быстрый монтаж и пуск в работу после подготовки места установки
- Отсутствие дополнительных работ, благодаря заранее проведенным пусконаладочным работам на заводе.
- Высокая гибкость за счет модульной конструкции: простое расширение и смена места расположения, быстрый вывод из эксплуатации и демонтаж.
- Лучшие показатели безопасности эксплуатации за счет снижения численности необходимого обслуживающего персонала.
- Снижение затрат на гражданское строительство и связанные с этим возможные задержки, например из-за плохой погоды
- Проще получение разрешений
- Ниже амортизационные потери



Рис. 2.9-1: SIEHOUSE - оптимальный подход для монтажа электроустановок.



Рис. 2.9-2: SIEHOUSE с несколькими модулями позволяет оптимально использовать доступное пространство.

Различные типы, подходящие к любому проекту и приложению Модульная и гибкая концепция делает возможным различные типы SIEHOUSE подходящими для любого проекта и приложения. Стандартное контейнерное решение состоит из одного модуля

Стандартное контейнерное решение состоит из одного модуля на сборном основании (рис. 2.9-2). Мобильные контейнерные подстанции представляют собой модуль на колесах или раме, которые можно перенести на новое место установки. Также доступны составные модульные контейнерные подстанции. Они состоят из нескольких модулей, которые располагаются в ряд на крыше друг друга или рядом на общем основании. Это обеспечивает оптимальную транспортировку больших электрификационных установок с оптимальным использованием доступного пространства.



Рис. 2.9-3: Полностью интегрированное решение: SIEHOUSE - это система распределения энергии, которая полностью сконструирована, произведена, собрана и протестирована на заводе Siemens, а затем подключена по месту.

2.9.2 Идеальное решение для широкого круга приложений.

Заказные решения для конкретных требований проекта электрификационных установок SIEHOUSE спроектированы с прицелом на индивидуальные требования, соответствия условиям окружающей среды, техники безопасности и охраны труда. По всему миру они соответствуют и порой превышают требования самых амбициозных проектов и выдерживают самые суровые условиях окружающей среды. Плюс ко всему, проекты, использующие электрификационные установки SIEHOUSE меньше страдают от задержек и рисков строительства, вызванных погодой, чем проекты с традиционными кирпичными зданиями.

Электрификационные установки SIEHOUSE можно устанавливать на поднятых платформах для защиты от наводнений. Это также делает возможным монтаж кабельных лотков и шинопровода под электрификационной установкой без рытья траншей. SIEHOUSE также снижает необходимость в дополнительных строениях, потому что такие удобства, как офисы, аккумуляторные помещения, ванные и технические комнаты могут быть включены в электрификационные установки (по запросу).

Стойкость к воздействию окружающей среды

В некоторых отраслях промышленности недостаточно просто установить электрическое оборудование внутри помещения в целях защиты от внешнего воздействия. Существует множество причин, которые делают разумным размещать оборудование раздельно, например, при большом количестве частиц в воздухе, а также в случае потенциально опасного прямого контактов с опасными средами и веществами. В таких случаях электрификационные установки SIEHOUSE-это простое, эффективное и экономичное решение. Сцепленные замковыми соединениями стены и кровельные панели создают барьер против воздействий окружающей среды. Внешние частицы не попадают внутрь станции благодаря системе избыточного давления. Также корпус может укомплектовываться дополнительной изоляцией от внешних воздействий. Покрытие обеспечивает отличную стойкость к химическому и абразивному воздействию, а также к влаге. Корпус также может быть выполнен по спецзаказу для экстремальных окружающих температур и влажности. Электрификационные установки могут проектироваться для работы в условиях высоких скоростей ветра (до 240 км/ч), использования в сейсмической зоне и высоких снеговых нагрузках. Также доступны противопожарные стены для защиты распредустройств от аварий трансформатора. А специальная отделка обеспечивает соответствие электрификационных установок окружающей обстановке.

Ссылки на различные области применения

SIEHOUSE применяется во множестве ситуаций, например:

- Станция, распределяющая энергию от ископаемых и возобновляемых источников.
- Надежное электроснабжение критичных объектов
- Экономически эффективное решение для приложений с ограниченным пространством
- Временное электроснабжение
- Расширение системы распределения энергии
- Накопление энергии
- Силовая электроника для приложений энергетических систем

SIEHOUSE также применяются во множестве остальных отраслей промышленности и заводов. Быстрый и несложный монтаж, а также возможность точно адаптироваться к конкретному приложение и ситуации, делают их наиболее подходящим решением для широкого круга задач (рис. 2.9-4, рис. 2.9-5, рис. 2.9-6), в особенности в отраслях:

- Нефтяная и газовая промышленность
- Металлургическая и горнодобывающая промышленность
- Центры сбора и обработки данных
- Химическая промышленность
- Автомобильная и аэрокосмическая промышленность
- . Пищевая промышленность
- Инфраструктура
- Коммунальные электростанции и подстанции



Рис. 2.9-4: 19 электрификационных установок SIEHOUSE для электроснабжения нефтепроводов в Колумбии (ECOPETROL)



Рис. 2.9-5: 3 сплит модуля SIEHOUSE для Pearl GTL в Катаре, совместно разработанные QP и Shell



Рис. 2.9-6: SIEHOUSE в Лаббок (Texac) для питания воздухообменных вентиляторов на электростанции

2.9.3 Все о лучшем проектировании

Проектирование SIEHOUSE начинается со структурного анализа и расчетов. Наиболее часто используется каркасная конструкция; стены, сцепленные замковыми соединениями и кровельные панели, устанавливаемые на стальное основание. Для выполнения требований проекта берется в расчет каждая составляющая, начиная от используемых конструктивных элементов до веса установленного оборудования. Структурная конструкция, расчеты и трехмерная симуляция реализуются на базе этих данных (рис. 2.9-7, 2.9-8).

Все оборудование от одного поставщика

SIEHOUSE может быть оборудован широким набором оборудования, что гарантирует высокий уровень функциональности и надежности. Эта система-полностью интегрированное универсальное решение от одного поставщика с ответственностью за конструкцию и проектирование. Оборудование, устанавливаемое в SIEHOUSE включает в себя распредустройства низкого и среднего напряжения до 52 кВ, которые отвечают соответствующим стандартам ANSI, МЭК и ГОСТ, станции управления электродвигателями низкого и среднего напряжения, частотно-регулируемый привод (ЧРП), сухие и масляные трансформаторы, щиты управления и защиты, входа/выхода ПЛК(программируемых логических контроллеров), релейные щиты, измерительные приборы, анализаторы, шинопроводы, предохранительные клапана сброса давления, дугогасящие элементы, батареи, источники бесперебойного питания (ИБП) и устройства компенсации мощности (рис. 2.9-9).

Дополнительное оборудование для индивидуальных решений

Существует широкий спектр вспомогательного оборудования, которое подбирается в соответствии с местными, индивидуальными требованиями, стандартами и правилами. Оно включает в себя системы заземления и освещения, розетки, распределительные щиты, кабельные лотки, шинопроводы и соединительные принадлежности. Для взрывоопасных зон доступны специально оборудованные электрификационные установки, а также системы обнаружения огня и задымления, системы пожаротушения, аварийные выходы и контроль доступа. Системы обогрева, вентиляции и кондиционирования воздуха могут устанавливаться на крыше любой электрификационные установки.



Рис. 2.9-7: Проектирование SIEHOUSE начинается с структурного анализа, расчетов и трехмерной симуляции



Рис. 2.9-8: Наиболее часто используемая конструкция SIEHOUSE состоит из каркасной конструкции, стен,сцепленных замковыми соединениями и кровельных панелей, устанавливаемых на стальное основание.

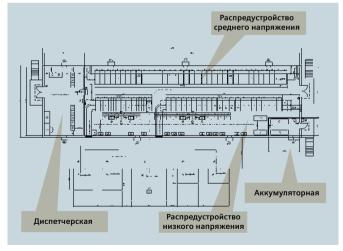


Рис. 2.9-9: Общее решение SIEHOUSE: Наша компетенция в проектировании имеет значение

2.9.4 Полностью интегрированные решения от единого поставщика

Готовые решения по всему миру

Поставить электрификационную установку, идеально подходящую для выполнения поставленных задач,- это лишь одна из задач. Также важно гарантировать надежную эксплуатацию на протяжении всего жизненного цикла, даже если установка работает в самых неблагоприятных условиях. Siemens обеспечивает потребности в электрическом оборудовании и полностью готовые решения для электрофикационных установок. Знания и умения Siemens в энергоснабжении основаны на десятилетиях опыта и инноваций. Мы поставляем интегрированные решения по всему миру - от разработки и проектирования сетей до управления целыми проектами,а также монтажом, запуском в эксплуатацию и дополнительным сервисом. Siemens поддерживает конкуренцию и гарантирует, что компетентное контактное лицо всегда находится в досягаемой близости от любого проекта. Эксперты Siemens вносят свой опыт в управление проектом, финансовые операции и управление жизненным циклом для каждого проекта. Это позволяет им рассмотреть все аспекты безопасности, логистики и защиты окружающей среды

Преимущества решения SIEHOUSE:

- Всеобъемлющий ассортимент продукции
- Экспертная оценка использования
- Глобальный опыт
- Проверенные продукты Siemens
- Надежность и безопасность
- Одно контактное лицо для всего проекта
- Финансовая поддержка



Рис. 2.9-10: От проектирования до послепродажного сервиса: полная интеграция из одного источника



Распределительные устройства и подстанции



3.1	Высоковольтные подстанции	66
3.1.1	Решения «под ключ»	66
3.1.2	Высоковольтные подстанции - обзор	67
3.1.3	Схемы подстанций	68
3.1.4	Открытые распределительные устройства	71
3.1.5	Смешанные решения (компактные/гибридные решения)	79
3.1.6	КРУЭ для подстанций	83
3.2	Распределительные устройства среднего напряжения	94
3.2.1	Введение	94
3.2.2	Основные сведения о коммутационных устройства	x95
3.2.3	Требования к распределительным устройствам среднего напряжения.	98
3.2.4	Распределительные устройства среднего напряжения	100
3.2.5	Распредустройства для генераторов и больших токов.	115
3.2.6	Подстанции для промышленных энергоузлов	117
3.3.	Распределительные устройства низкого напряжения	121
3.3.1	Требования к электроэнергетическим системами в зданиях	121
3.3.2	Определение основных характеристик систем распределения энергии	124
3.3.3	Распределительные устройства низкого напряжения	127
3.3.4	Замечания по проектированию	
	распредустройств низкого напряжения	130
3.3.5	· · · · ·	130133
3.3.5 3.3.6	распредустройств низкого напряжения	
	распредустройств низкого напряжения Распредустройство низкого напряжения- пример Защитные и коммутационные аппараты для распределительных устройств	133
3.3.6	распредустройств низкого напряжения Распредустройство низкого напряжения- пример Защитные и коммутационные аппараты для распределительных устройств низкого напряжения Требования к коммутирующим устройствам	133

3 Распределительные устройства и подстанции

3.1 Высоковольтные подстанции

3.1.1 Решения «под ключ»

Введение

Высоковольтные подстанции являются узлами в сетях передачи и распределения энергии между регионами и странами. Различное назначение подстанций приводит к тому, что существуют подстанции с силовыми трансформаторами и без них:

- Повышение генераторного напряжения до напряжения высоковольтных сетей
 - Электростанции (в центрах нагрузки)
- Возобновляемые источники энергии (например, ветровые электростанции)
- Преобразование напряжения внутри высоковольтной сети
- Понижение напряжения до среднего уровня напряжения распределительных сетей
- Соединения на одном и том же уровне напряжения

Объем оборудования

Высоковольтные подстанции включают в себя не только высоковольтное оборудование, необходимое для работы в энергосистеме. Компания Сименс разрабатывает и создает высоковольтные подстанции, включающие в себя распределительные устройства высокого и среднего напряжения, основное оборудование, такое как высоковольтное оборудование и трансформаторы, а так же вспомогательное оборудование, такое как вторичные цепи, системы управления, оборудование защиты и т.д. в качестве решения «под ключ» или даже в качестве генподрядчика. Подстанции строятся по всему миру от самых простых с одной системой шин до узловых подстанций с несколькими системами шин или с «полуторной схемой» с номинальным напряжением до 800 кВ, номинальным током до 8000 А и токами короткого замыкания до 100 кА. Компания Сименс предлагает так же услуги начиная от разработки проекта до ввода его в эксплуатацию и пост-продажного сервиса, в том числе и услуги по обучению персонала заказчика.

Управление проектами

Процесс обработки такого решения «под ключ» начинается с подготовки расчета и проходит через разъяснение заказа, разработку проекта, изготовление, поставку и оценку затрат. Последней стадией является оплата проекта. Обработка такого заказа зависит от методичной обработки данных, что в свою очередь требует системного подхода к управлению проектами.

Инжиниринг

Ко всем высоковольтным подстанциям применяются высокие требования при инжиниринге, которые охватывают все аспекты, такие как силовая часть, стальные конструкции, строительная часть, пожарная безопасность, защита окружающей среды и системы управления (см. рис. 3.1-1). Каждый аспект технологии и каждая стадия работ проводится под управлением опытных инженеров. Использование высокопроизводительных компьютерных программ, например метода конечных элементов, позволяет спроектировать подстанцию так, что она будет надежна даже при экстремальных нагрузках, таких, например, какие возникают при землетрясениях.



Рис. 3.1-1: Проектирование высоковольтного РУ

Проектная документация изготавливается в современных САD-системах; обмен данными с другими САD-системами возможен через интерфейсы. Благодаря своему участию в национальных и международных ассоциациях и организациях по стандартизации, наши инженеры всегда располагают наиболее актуальной информацией, даже если стандарт еще не был опубликован.

Сертификация применяемой системы управления качеством

Система управления качеством была внедрена в начале 1980-х годов. Основой системы управления качеством являются документы, относящиеся ко всем процессам контроля качества, обеспечения безопасности и охраны окружающей среды.

Система защиты окружающей среды была применена на базе существующей системы управления качеством и была сертифицирована по DIN ISO 14001 в 1996 году. Безопасность сотрудников и забота об их здоровье всегда играли важную роль для Siemens AG и его подразделений. Когда был введен стандарт BS OHSAS 18001, были созданы условия для сертификации.

Ноу-хау, опыт и присутствие по всему миру

Сеть представительств и офисов продаж по всему миру, а так же департаменты в Германии оказывают поддержку сетевым компаниям во всем, что связано с высоковольтным оборудованием.

3.1.2 Высоковольтные подстанции - обзор

Высоковольтные подстанции включают распределительные устройства и аппараты с различным типом изоляции: воздушной (открытой установки) или элегазовой (SF₂). При проектировании высоковольтной подстанции необходимо ответить на некоторые основные вопросы, что позволит определить тип высоковольтного распределительного устройства:

Какую функцию оно имеет в энергосистеме и где расположено? Каковы климатические условия и условия окружающей среды? Имеются ли специфические требования по месту установки? Необходимы ли экономия места или снижение затрат?

В зависимости от ответов правильным выбором может быть ОРУ, КРУЭ или даже гибридное решение.

Открытые распределительные устройства (ОРУ)

Такие РУ являются предпочтительными в смысле цены для номинальных напряжений до 800 кВ. Это решение популярно в том случае, если нет экологических ограничений или ограничений по площади. Отдельные электрические и механические части ОРУ собираются на месте установки. Открытые РУ не вполне безопасны и подвержены влиянию погодных факторов и факторов окружающей среды (рис. 3.1-2).

Комплектные РУ с элегазовой изоляцией (КРУЭ)

Компактное исполнение и малые размеры КРУЭ позволяют устанавливать подстанции с номинальным напряжением до 550 кВ прямо посреди центров нагрузки в городах или промышленных районах. Каждая ячейка КРУЭ собрана в заводских условиях и включает в себя полный комплект разъединителей и заземлителей (обычных или с включающей способностью), измерительных трансформаторов, устройств управления и защиты, а так же устройств блокировки и мониторинга, обычно применяющихся для такого типа подстанций. Заземленный металлический корпус КРУЭ обеспечивает не только низкий износ, но и электробезопасность (рис. 3.1-3).

Смешанные РУ (компактные и гибридные решения)

Кроме двух основных (традиционных) решений, существует так же и компактное решение, которое может быть реализовано с применением компонентов открытой установки и с элегазовой изоляцией.



Рис. 3.1-2: Открытое распределительное устройство



Рис. 3.1-3: Подстанция на базе КРУЭ в мегаполисе

3.1.3 Схемы подстанций

Высоковольтные подстанции являются узлами энергосистемы, в которой энергия от центров генерации передается, трансформируется, распределяется и доставляется к центрам нагрузки. Подстанции соединены между собой, поэтому энергосистема является сетью. Это повышает надежность системы энергоснабжения, обеспечивая альтернативные пути протекания мощности, а так же непрерывность снабжения потребителей мощностью и загрузку генераторов. Высоковольтная подстанция является критически важным элементом энергосистемы, а надежность энергосистемы зависит от подстанции. Таким образом, схему подстанции следует выбирать очень тщательно.

Шины являются частью подстанции, где вся мощность от входящих присоединений собирается и распределяется по отходящим присоединениям. Это означает, что надежность любой подстанции зависит от надежности шин. Короткое замыкание на шинах может привести к тяжелым последствиям для энергосистемы. Короткое замыкание на шинах ведет к отключению линий, присоединенных к ней. В результате мощность течет по оставшимся в работе линиям, что приводи к их перегрузке. Это приводит к отключению этих линий и каскадному развитию аварии до полного отключения энергосистемы или чего-то подобного. При рассмотрении возможных вариантов систем шин следует помнить о важности надежности шин.

Схема «мостик»

Такая схема применяется для распределительных подстанций, питающих промышленных потребителей (рис. 3.1-4). Так как в схеме только одна система шин и минимальный набор оборудования, это решение дешево и обеспечивает малую надежность. При отказе шин и во время обслуживания происходит полное отключение подстанции. Для увеличения надежности должна быть добавлена еще одна система шин.

Схема с двойной системой шин

Более сложная схема с двумя системами шин обеспечивает большую гибкость и надежность при эксплуатации подстанции (рис. 3.1-5). По этой причине такая схема применяется для узловых подстанций энергосистемы. Контролировать перетоки мощности возможно при использовании систем шин независимо друг от друга и переключением присоединений с одной системы шин на другую. Так как шинные разъединители не могут отключать токи нагрузки, происходит кратковременный перерыв в подаче мощности.

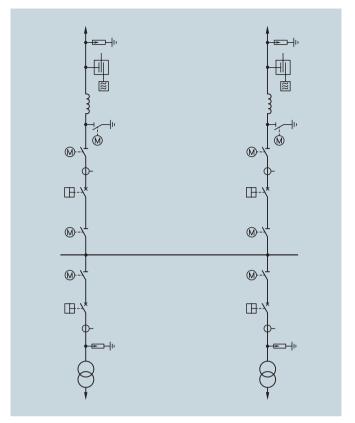


Рис. 3.1-4: Схема «мостик»

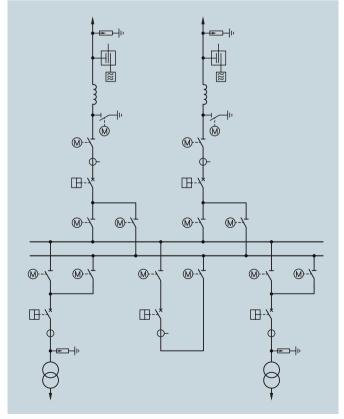


Рис. 3.1-5: Двойная система шин

Схема с развилкой выключателей

Для того, чтобы иметь возможность переключения между системами шин без отключения, необходимо два выключателя на присоединение. Это наиболее дорогое решение, которое применяется для самых важных присоединений (рис. 3.1-6).

«Полуторная» схема

«Полуторная» схема является компромиссом между схемами с двумя выключателями и с двойной системой шин. Эта схема повышает надежность и гибкость, т.к. даже в случае полного погасания шины не происходит перерыва в питании присоединений (рис. 3.1-7).

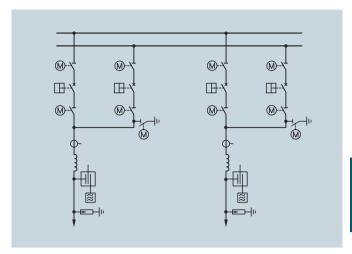


Рис. 3.1-6: Развилка выключателей

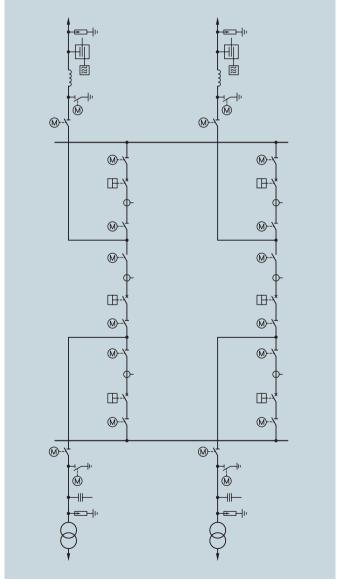


Рис. 3.1-7: «Полуторная» схема

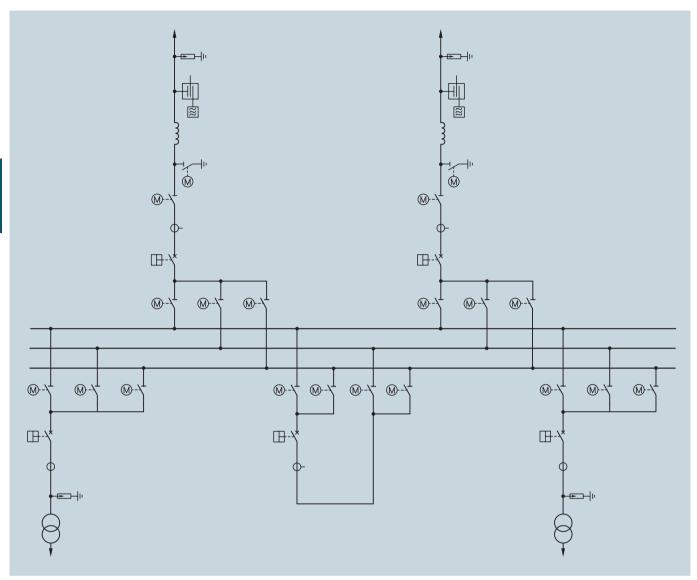


Рис. 3.1-8: Тройная система шин

Схема с тройной системой шин

Такая схема применяется для важных узлов энергосистемы на высоких напряжениях. Эта схема обычно применяется в Германии на напряжении 380 кВ. (рис. 3.1-8).

3.1.4 Открытые распределительные устройства

В открытых распределительных устройствах (ОРУ) все части, находящиеся под напряжением, не имеют другой изоляции, кроме воздуха, и не закрыты. По этой причине ОРУ всегда огорожены. Доступ в ОРУ имеет только оперативный персонал. Необходимо соблюдать национальные и международные требования, которые применяются для ОРУ. В Европе применяется стандарт ІЕС 61936. Координация изоляции, в том числе минимальные расстояния между фазами и между фазой и землей определяются по IEC 60071.

Открытые распределительные устройства подвергаются воздействию факторов внешней среды. Соответственно, они должны быть спроектированы с учетом условий окружающей среды. В настоящее время не существует общего международного стандарта, описывающего ОРУ. Компания Сименс разрабатывает ОРУ в соответствии со стандартами ІЕС, национальными стандартами и требованиями заказчика. В стандарте IEC 61936-1 "Электроустановки с напряжением выше 1 кВ" приведены типовые меры защиты и нагрузки, которые необходимо учитывать для ОРУ.

Меры защиты

Меры защиты можно разделить на меры защиты персонала и меры обеспечения работоспособности подстанции.

- Меры защиты персонала
 - Меры по защите от прямого прикосновения путем ограничения доступа, закрытия токоведущих частей, создания существенного расстояния, расположенных соответствующим образом защитных устройств и т.д.
 - Меры по защите от непрямого прикосновения путем создания заземления по IEC 61936, DIN VDE 0101 или иному
 - Меры по защите при работе с оборудованием, т.е с соблюдением требований DIN EN 50110 (VDE 0105) при проектирова-
- Меры обеспечения работоспособности подстанции
 - Меры защиты при эксплуатации, например, применение блокировочных устройств
 - Меры защиты от перенапряжения и молниезащита
 - Меры защиты от пожара, воды и, если необходимо, шума
- Нагрузки
 - Электрические нагрузки, например, номинальные токи, токи короткого замыкания, соответствующие длины пути утечки и изоляционные расстояния
 - Механические нагрузки (нормальные) вес, статические и динамические нагрузки, обледенение, ветер
 - Механические нагрузки (особые) вес и постоянные нагрузки в сочетании с максимальными нагрузками при переключениях или от токов короткого замыкания и т.п.
 - Особые нагрузки, возникающие при установке электрооборудования на высоте более 1000 м над уровнем моря и при землятрясениях

Параметры, влияющие на ОРУ

Исполнение РУ существенно зависит от:

- Минимальных изоляционных расстояний между различными устройствами под напряжением и между устройствами под напряжением и землей (зависят от номинального напряжения)
- Номинальных токов и токов короткого замыкания
- Подготовки оперативного персонала
- Ремонтопригодность, резервируемость
- Доступность площадки и топография
- Тип и способ установки шинных разъединителей

При проектировании ПС определяется ее доступность и подготовка оперативного персонала. Для этого необходимо тесное взаимодействие с эксплуатирующей организацией. Применяется следующий принцип: доступность увеличивает количество шин. В то же время, как правило, степень подготовки персонала ее снижает. Подстанции с одной системой шин требуют минимума вложений, при этом они предлагают ограниченную гибкость в эксплуатации и при обслуживании. Применение «полуторной» схемы обеспечивает высокую резервируемость, но при этом требует больших вложений.

Схемы со вспомогательными или обходными шинами доказали свою экономичность. Обходной выключатель позволяет заменить собой любой из выключателей присоединений без перерыва в энергоснабжении. Для шин и ВЛ как правило применяются алюминиевые провода. Расщепление фаз применяется при больших номинальных токах. Из-за дополнительных усилий от короткого замыкания, возникающих между проводами расщепленной фазы, провода расщепленной фазы вызывают повышенные механические нагрузки в точках крепления. При применении расщепленной фазы растут так же нагрузки при пляске проводов и обрыве провода. Это в свою очередь приводит к повышенным механическим нагрузкам на аппараты РУ. Эти воздействия могут быть рассчитаны методом конечных элементов (рис. 3.1-9).

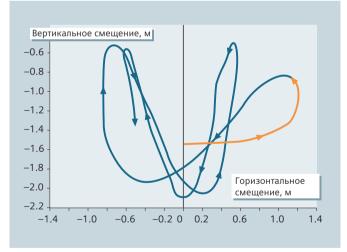


Рис. 3.1-9: Отклонение проводов при КЗ, рассчитанное методом конечных элементов

Распределительные устройства и подстанции

3.1 Высоковольтные подстанции

CAE/CAD-системы

При проектировании ОРУ учитывается множество факторов. В современных условиях САЕ-программы с поддержкой баз данных применяются при проектировании ПС. База данных ускоряет процесс проектирования за счет применения разработанных ранее решений и повышает качество (рис. 3.1-10).

Проектирование ОРУ

При больших номинальных токах и токах КЗ вместо проводов для шин и присоединений применяются алюминиевые трубы. Они могут проводить номинальный ток до 8000 А и выдерживать токи КЗ до 80 кА. Другими факторами, учитываемыми при проектировании является доступность площадки, расположение площадки, доступность и расположение подходящих и отходящих ВЛ, а так же количество трансформаторов и уровни напряжения. Решение с одной или двумя линиями или с U-образной системой шин может быть подходящим. Таким образом, каждое РУ, особенно РУ повышающих ПС соединяющих электростанции с подстанциями высокого напряжения электросистемы, уникально в зависимости от местных условий. Распределительные подстанции среднего и низкого напряжения, использующие типовое оборудование и имеющие одну входящую и одну отходящую линии, а так же два трансформатора и РУ среднего напряжения и вспомогательное оборудование, как правило, строятся по типовому проекту.

Предпочтительные решения

Среди возможных вариантов схемы ПС имеются предпочтительные, которые часто зависят от типа и способа установки шинных разъединителей.

Схема «мостик»

Схема «мостик» часто применяется для питания промышленных потребителей. Две ВЛ присоединены к двум трансформаторам и соединены между собой перемычкой. Таким образом, каждое присоединение может быть выведено в ремонт без отключения остальных присоединений (рис. 3.1-11, 3.1-12, 3.1-13, 3.1-14).



Рис. 3.1-10: Инжиниринг с применением баз данных

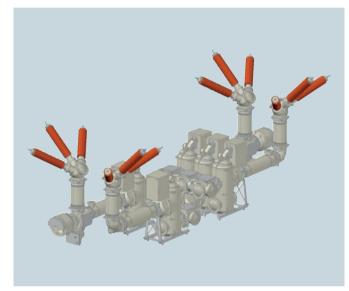


Рис. 3.1-11: Схема «мостик» на базе КРУЭ 123 кВ

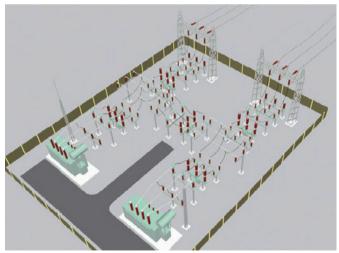


Рис. 3.1-12: Схема «мостик» на базе традиционного ОРУ 110 кВ

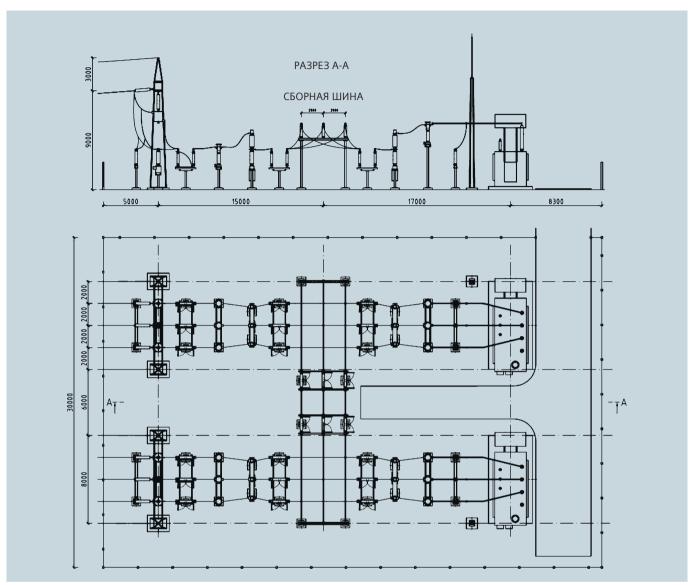


Рис. 3.1-13: План РУ 110 кВ по схеме «мостик»



Рис. 3.1-14: РУ 110 кВ по схеме «мостик», Германия

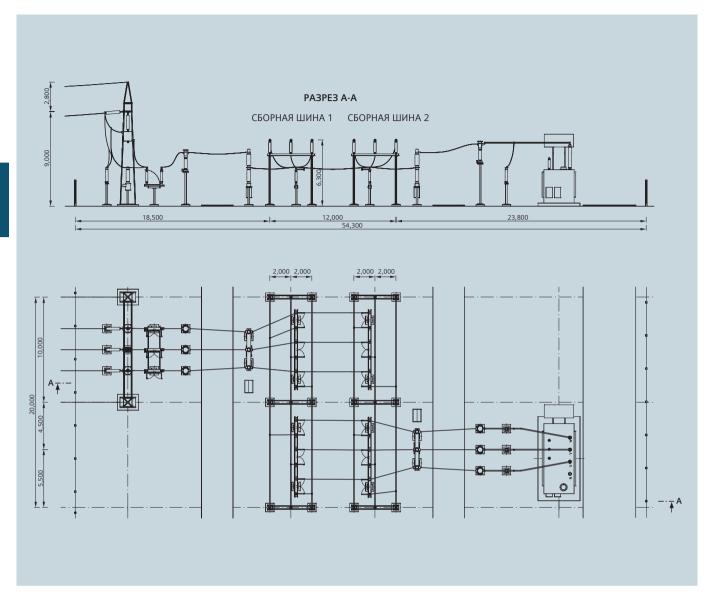


Рис. 3.1-15: Продольное расположение оборудования, РУ 110 кВ

Продольное расположение разъединителей с применением горизонтально-поворотных разъединителей, применяется для ПС

Шинные разъединители установлены один позади другого и параллельно продольной оси сборных шин. Такое решение применяется как с гибкими, так и с жесткими шинами. При . применении жестких шин портал требуются только для ВЛ. При таком решении требуется размещение ошиновки только на двух уровнях, таким образом обеспечивается наглядность. Ширина ячейки довольно велика (параллельное расположение разъединителей), но длина – мала (рис. 3.1-15, 3.1-16).



Рис. 3.1-16: Продольное расположение оборудования, РУ 110 кВ, Германия

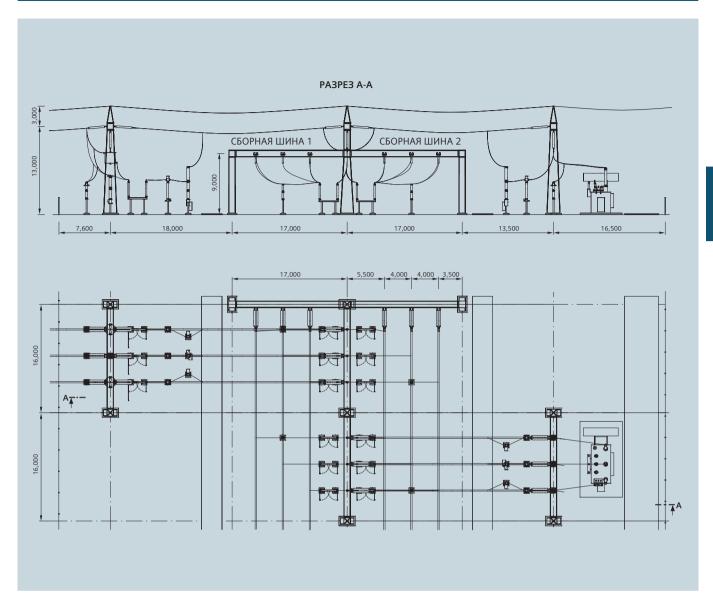


Рис. 3.1-17: Центральное расположение оборудования, РУ 220 кВ

Центральное (классическое) расположение разъединителей с применением горизонтально-поворотных разъединителей, применяется, как правило, для ПС 245 кВ

Шинные разъединители расположены параллельно друг другу и параллельно продольной оси присоединения. Как правило применяется гибкая ошиновка, расположенная сверху, но применение жестких шин так же возможно. Такое расположение позволяет легко пройти ошиновкой над выключателями и уменьшить ширину ячейке по сравнению с продольным расположением. При размещении ошиновки на трех уровнях схема довольно наглядна, однако, стоимость порталов довольно высока (рис. 3.1-17, 3.1-18).



Рис. 3.1-18: Центральное расположение оборудования, РУ 220 кВ, Египет

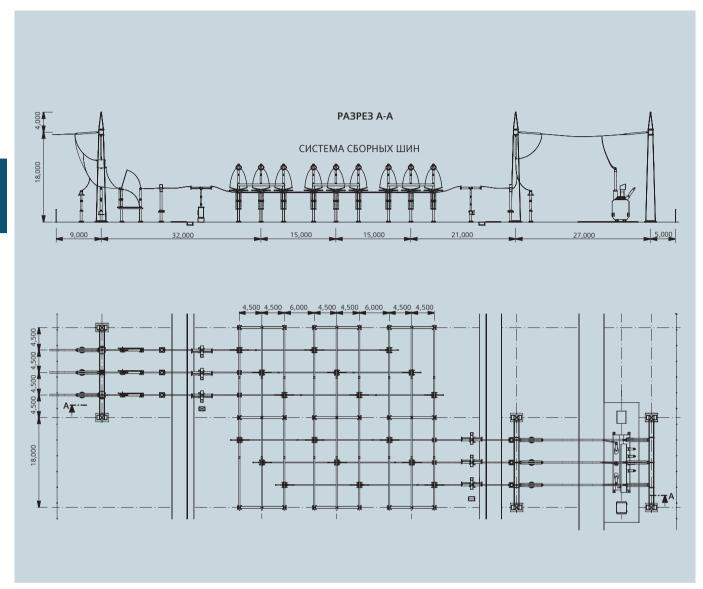


Рис. 3.1-19: Диагональное расположение оборудования, РУ 380 кВ

Диагональное расположение разъединителей с применением пантографных разъединителей, применяется для ПС 110-420 кВ Пантографные разъединители расположены по диагонали к оси шин и присоединения. Это самое наглядное и экономичное по площади расположение. Возможно применение как гибких, так и жестких шин. Шина может быть расположена над или под проводами присоединения. (рис. 3.1-19, 3.1-20).



Рис. 3.1-20: Диагональное расположение шинных разъединителей, РУ 380 кВ, Германия

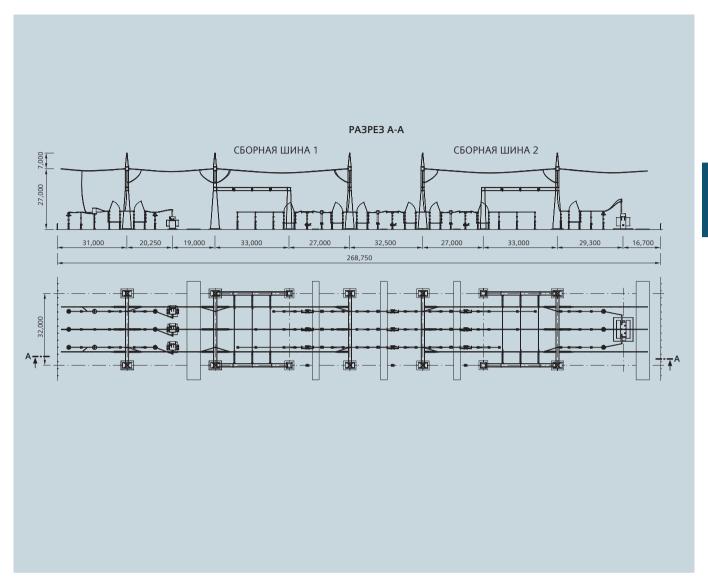


Рис. 3.1-21: План РУ 500 кВ, «полуторная» схема

«Полуторная» схема, применяется для ПС 220-800 кВ Применение полуторной схемы обеспечивает высокую надежность электроснабжения. Однако, для этого требуется большое количество оборудования. Шинные разъединители могут быть вертикально-рубящего, горизонтально-поворотного или пантографного типа. Вертикально-рубящие разъединители предпочтительнее использовать для присоединений. Шины, расположенные сверху, могут быть как гибкими, так и жесткими. Возможны два варианта расположения:

- Шины с внутренней стороны, присоединения в Н-образном расположении при расположении проводов на двух уровнях
- Шины с наружной стороны, присоединения расположены в линию при расположении проводов на трех уровнях (рис. 3.1-21, 3.1-22, 3.1-23, 3.1-24)



Рис. 3.1-22: РУ 500 кВ, полуторная схема, Пакистан

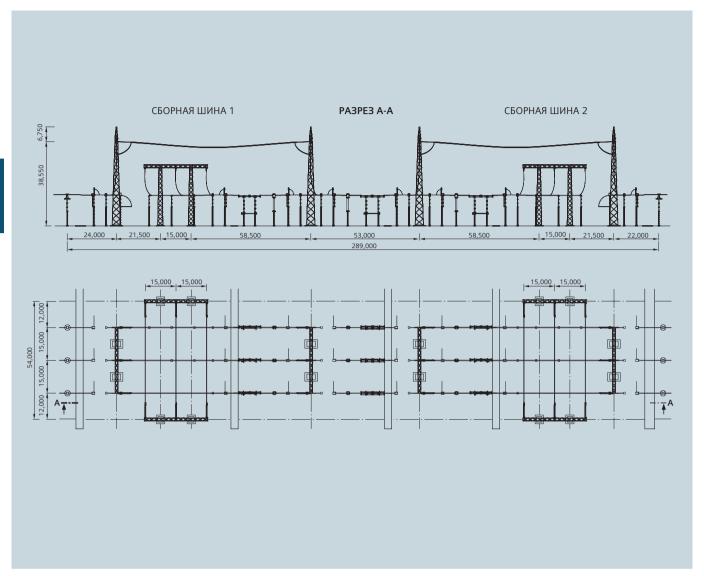


Рис. 3.1-23: План РУ 800 кВ, «полуторная» схема



Рис. 3.1-24: РУ 800 кВ, полуторная схема, Индия

3.1.5 Смешанные решения (компактные/гибридные решения)

При нехватке площади, сетевые компании ориентированы на ОРУ, занимающие мало места, особенно в регионах, где распространены ПС с трансформаторами небольшой мощности и для промышленных потребителей. Для ПС с номинальным напряжением от 72.5 до 170 кВ Siemens Energy предлагает два различных версии РУ для надежного электроснабжения.

- SIMOBREAKER, РУ открытой установки с горизонтально-поворотным разъединителем
- SIMOVER, РУ открытой установки с выдвигающимся выключа-
- HIS, высокоинтегрированные РУ
- DTC, компактные коммутационные модули

SIMOBREAKER - РУ с горизонтально-поворотным разъединителем

SIMOBREAKER основан на использовании горизонтально-поворотного разъединителя, который обеспечивает соединение между выключателем и трансформатором. Так как в составе SIMOBREAKER имеются выключатель, разъединитель и измерительный трансформатор, нет необходимости в сложных соединениях гибкими или жесткими шинами, отдельных фундаментах, стальных конструкциях или присоединениях к заземляющему устройству для каждого аппарата. Это означает, что сетевая компания получает стандартизированное устройство от одного производителя и не имеет необходимости закупать дополнительные компоненты. Работа по координации заметно уменьшена, а проблема взаимодействия оборудования даже не возникает.

SIMOBREAKER так же может быть использован для закрытых РУ (ЗРУ). Установка внутри здания обеспечивает защиту от воздействия погодных и климатических факторов. Это может быть существенным преимуществом, особенно в регионах с тяжелыми климатическими условиями, а так же для электроустановок предприятий, где есть высокая степень загрязнения атмосферы (рис. 3.1-25, 3.1-26).



Рис. 3.1-25: Модуль SIMOBREAKER

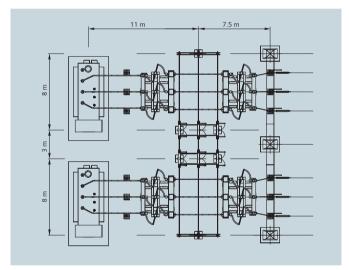


Рис. 3.1-26: Модуль SIMOBREAKER (схематично)

SIMOVER - РУ с выдвигающимся выключателем

Компактное РУ SIMOVER, особенно хорошо подходящее для ПС с одной системой шин, имеет выдвигающийся выключатель. Оно превосходно подходит для использования на маленьких ПС таких как ветровые электростанции или любой завод, где площадь ограничена. В SIMOVER встроены все аппараты ячейки распределительного устройства. Не требуются шины или разъединители для присоединений. Соединения выполняются просто, а коммутационное положении всегда очевидно. Технология привода себя зарекомендовала, привод находится в защищенном корпусе. Поставка производится в виде узлов, что уменьшает время установки. В SIMOVER все аппараты ячейки РУ установлены в одном устройстве с учетом изоляционных расстояний. Измерительные трансформаторы и шкаф управления входят в состав модуля.

В составе SIMOVER применены испытанные компоненты, это обеспечивает высокую надежность. Благодаря экономии на разъединителе, установке измерительных трансформаторов и шкафу местного управления, затраты на внедрение значительно снижены. Все компоненты, необходимые для полноценного функционирования выдвигающегося выключателя поставляются из одного источника, при этом заказчику не нужно ничего допоставлять, работа по координации существенно упрощена, а проблемы взаимодействия не возникают (рис. 3.1-27, 3.1-28).

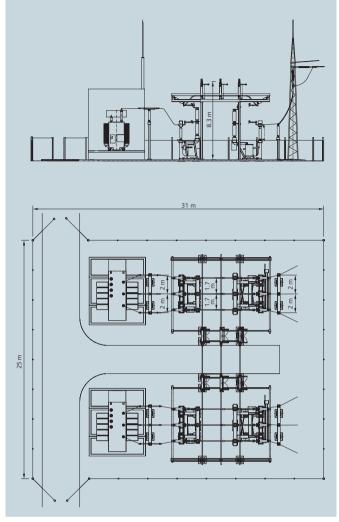


Рис. 3.1-27: Схема «мостик» на модулях SIMOVER (схематично)



Рис. 3.1-28: Схема «мостик» на модулях SIMOVER, РУ 145 кВ, Чехия

Компактные коммутационные модули (DTC)

Еще одним компактным решением для напряжения 145 и 245 кВ является DTC. В его состав входят баковый выключатель и модули разъединителей КРУЭ (рис. 3.1-29, 3.1-30). Более подробная информация представлена в разделе 4.1.4.

Высокоинтегрированные РУ (HIS)

Высокоинтегрированные РУ, рис. 3.1-31 и 3.1-32, совмещают в себе достоинства открытого РУ и КРУЭ. Эти РУ применяются для напряжений до 550 кВ. В особенности они предназначены для:

- новых ПС на ограниченной площади
- мест, где велика стоимость земли
- мест с тяжелыми условиями среды
- мест, где дорого обслуживание

Высокоинтегрированные РУ в основном применяются для реконструируемых или расширяемых ОРУ или ЗРУ, особенно в том случае, если сетевая компания хочет провести реконструкцию или расширение не выводя ПС из работы. При новом строительстве высокие цены на землю и сложность процедур по согласованию означают, что площадь ПС является основным фактором, влияющим на стоимость. В высокоинтегрированные РУ выключатели, разъединители и заземлители, измерительные трансформаторы находятся в герметичном корпусе, что делает РУ очень компактным.



Рис. 3.1-29: Компактный коммутационный модуль DTC

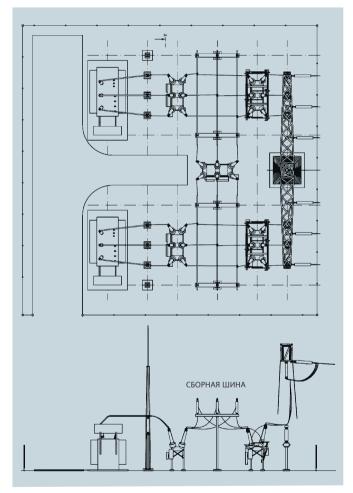


Рис. 3.1-30: Решение на базе DTC (схематично)

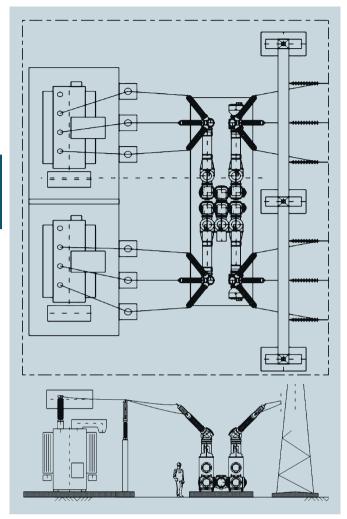


Рис. 3.1-31: Схема «мостик» на базе КРУЭ открытой установки

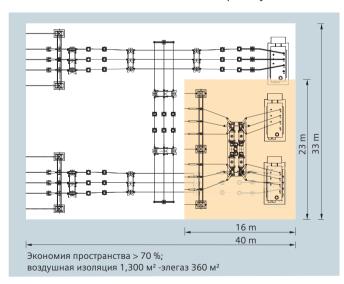


Рис. 3.1-32: Применение высокоинтегрированного решения при реконструкции ПС

Принципы проектирования

При проектировании ОРУ в расчет принимаются следующие требования:

- Высокая надежность
 - Надежность при работе под нормальными и повышенными нагрузками
 - Защита от перенапряжений и молниезащита
- Защита от перенапряжений непосредственно на оборудовании (трансформаторы, высоковольтные кабели и т.д.)
- Наглядность и доступность
 - Наглядность РУ и малое количество уровней ошиновки
 - Легкая доступность (оборудование не расположено так, что до него нельзя добраться)
 - Соответствующие изоляционные расстояния для установки, обслуживания и транспортировки оборудования
 - Внутриплощадочные дороги соответствующего размера
- Архитектурные решения
 - Наименьшее возможное количество ВЛ
 - Незаметные стальные конструкции
 - Жесткая ошиновка вместо гибкой
 - Минимальный уровень шума и помех
 - Заземляющее устройство для ЭМС современных устройств управления и защиты
- Пожарная безопасность и защита окружающей среды
 - Соблюдение мер пожарной безопасности и применение негорючих и неподдерживающих горение материалов
 - Применение безвредных для окружающей среды технологий и материалов.

3.1.6 КРУЭ для подстанций

Характеристики КРУЭ

Концепт КРУЭ производства компании Сименс подтверждает свои качества с 1968 года – по всему миру установлено более 29 000 ячеек (табл. 3.1-1). Никакой другой тип РУ не может сравниться с КРУЭ, т.к. оно предлагает следующие выдающиеся преимуще-

- Минимальная требуемая площадь:
 - В местах, где доступность земли мала и/или велики цены на землю, например, в промышленных центрах и агломерациях, гористой местности с узкими долинами или на подземных ПС КРУЭ заменяет традиционные РУ благодаря очень малым требованиям по площади.
- Полная защита от контакта с частями РУ под напряжением: Металлический корпус обеспечивает максимальную безопасность персонала при работе с КРУЭ в нормальном и аварийном режиме.
- Защита от загрязнения:
- Металлический корпус полностью защищает внутренность РУ от воздействия факторов внешней среды таких как соляной туман, солевые отложения в прибрежных регионах, промышленные испарения и осадки, пыльные бури.
- Свободный выбор места установки: Малая занимаемая КРУЭ площадь снижает объем работ по землеустройству и фундаментам, например, в районах с вечномерзлыми грунтами. Другим преимуществом является быстрая установка на месте и ввод в эксплуатацию. Это возможно благодаря малому времени установки и использованию модулей и ячеек, поставляемых в состоянии заводской готовности.
- Защита окружающей среды: Необходимость в защите окружающей среды часто делает сложной установку традиционного ОРУ. Как правило, КРУЭ может быть изготовлено таким образом, чтобы хорошо вписаться в окружение. Благодаря модульному исполнению, КРУЭ весьма гибко и выполняет любые требования по конфигурации.

Каждая ячейка выключателя содержит полный набор разъединителей и заземлителей (обычных и с включающей способностью), измерительных трансформаторов, устройств управления и защиты, а так же устройств блокировки и мониторинга, применяемых для КРУЭ.

Кроме традиционных ячеек выключателей, могут быть поставлены ячейки других типов, таких как: ячейка одиночной системы шин, ячейка одиночной системы шин с обходной, шиносоединительный выключатели, ячейки для двойной и тройной систем шин.

Линейка КРУЭ для подстанций

Компания Сименс выпускает КРУЭ с номинальным напряжением от 72,5 до 800 кВ. В основную продуктовую линейку входят КРУЭ с номинальным напряжением до 550 кВ (табл. 3.1-2). Кроме того, в 2014 году продуктовая линейка расширилась за счет КРУЭ постоянного тока с номинальным напряжением ±320 кВ (см. раздел

Разработка этого РУ была основана на двух принципах: соответствие высоким техническим требованиям к высоковольтным РУ и обеспечение максимальной выгоды заказчика.

Более ч	ем 45 лет опыта с элегазовыми распредустройствами			
1960	Начало фундаментальных исследований в изучении и развитии SF6 технологии			
1964	Появление первого SF6 выключателя			
1968	Появление первого элегазового РУ (РУЭ)			
1974	Появление первого элегазовой линии (420 кВ)			
1997	Представление интеллектуальной ячейки с интегрированным управлением, мониторингом и диагностикой			
1999	Представление нового поколения РУЭ: Дугогасительная камера с автокомпрессией и механизмом с пружинным приводом			
2000	Представление перспективной концепции распредустройства HIS (Распредустройство высокой степени интеграции) для расширения, модернизации и новых компактных подстанций с воздушной изоляцией.			
2005	Первое РУЭ с высокой коммутационной стойкостью(класс Е2)			
2009	Новое поколение изоляторов с литой изоляцией для РУЭ			
2010	Новое РУЭ 420 кВ/80кА -мощное и компактное			
2011	Новое РУЭ 170 кВ/80кА -мощное и компактное			
2011	Новое РУЭ 420 кВ/63кА -мощное и компактное			

Таблица. 3.1-1: Опыт компании Сименс в области КРУЭ

Достижение этой цели стало возможно только благодаря приведение всех процессов в соответствие с системой управления качеством, которая была внедрена и сертифицирована по EN 29001 / DIN EN ISO 9001.

Производимые компанией Сименс КРУЭ соответствуют всем требованиям к эксплуатации, качеству и надежности, в том числе:

- Компактное и легкое исполнение: Малые размеры здания и низкие нагрузки на пол, широкие возможности по использованию пространства и малая площадь, занимаемая КРУЭ.
- Безопасный корпус: Выдающийся уровень безопасности, основанный на новых методах изготовления и оптимизации корпуса КРУЭ.
- Экологическая безопасность: Отсутствие ограничений по выбору площадки благодаря малой занимаемой площади; крайне низкий уровень шума и ЭМпомех, а так же эффективная система герметизации (утечка элегаза <0,1% в год из одного газового объема). Современный пружинный привод выключателя, доступный для всех КРУЭ типа 8D - отсутствие необходимости применения гидравлического масла.

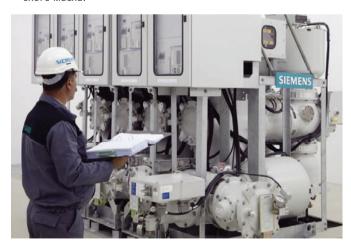


Рис. 3.1-33: KPУЭ типа 8DN8 с номинальным напряжением 110 кВ

3.1 Высоковольтные подстанции

Тип распредустройства	8DN8	8DN9	8DQ1
Номинальное напряжение (кВ)	до 170	до 245	до 420/550
Испытательное напряжение промышленной частоты (кВ)	до 325	до 460	до 650/740
Испытательное напряжение грозового импульса (кВ)	до 750	до 1 050	до 1 425/1 800
Испытательное напряжение коммутационного импульса (кВ)	-	до 850	до 1 050/1 250
Номинальный ток, сборная шина (А)	до 4 000	до 4 000	до 6 300
Номинальный ток, фидер (А)	до 4 000	до 4 000	до 5 000
Ток отключения короткого замыкания (кА)	до 63	до 50	до 63
Ток термической стойкости (кА)	до 63	до 50	до 63
Ток электродинамической стойкости (кА)	до 170	до 135	до 170
Инспекция (лет)	>25	>25	>25
Ширина ячейки(мм)	650/800/1 000	1 500	2 200/3 600
Параметры в соответствии с МЭК, другие параметру по запросу			

Таблица. 3.1-2: Основная продуктовая ячейка КРУЭ

- Экономичная транспортировка: Упрощенная и более дешевая транспортировка благодаря малому количеству перевозимых устройств
- Низкие эксплуатационные расходы:
 КРУЭ практически не требует обслуживания контакты выключателей и разъединителей имеют высокую стойкость к износу, привод выключателя не требует смазывания на всем сроке службы, корпус КРУЭ не подвержен коррозии. Это обеспечивает необходимость первой проверки только через 25 лет после ввода в эксплуатацию.
- Высокая надежность:
 - Продолжительный опыт компании Сименс в проектировании, изготовлении и вводе КРУЭ в эксплуатацию. Более 330 000 часов наработки у более, чем 29 000 ячеек КРУЭ по всему миру являются доказательством того, что продукты компании Сименс имеют высокую надежность. Время между существенными отказами для одной ячейки составляет 950 лет. Система управления качеством, сертифицированная по ISO 9001, которая поддерживается высококвалифицированными сотрудникам, гарантирует высокое качество на всем производственном процессе. Наши службы оказывают всестороннюю поддержку на всех этапах с самого начала, во время эксплуатации КРУЭ и до его переработки (рис. 3.1-34.
- Простая установка и ввод в эксплуатацию: Транспортные единицы полностью собраны и испытаны на заводе, а так же заполнены элегазом при пониженном давлении. Пронумерованные кабельные присоединения позволяют свести время установки к минимуму и сократить риск неправильных подключений.
- Заводские испытания: Все измерения автоматически документируются и сохраняются в электронной информационной системе, что позволяет быстро найти результаты измерений, произведенных в любое время.

КРУЭ в трехфазном исполнении типа 8DN8 с номинальным напряжением до 170 кВ позволяет получить компоненты малого размера.

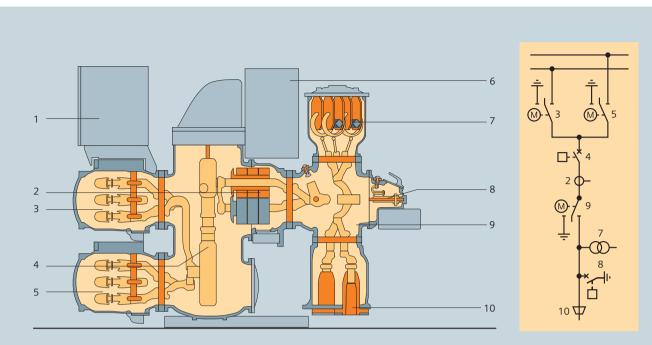
Малый вес ячеек обеспечивает малые нагрузки на пол, а так же помогает снизить затраты на строительные работы и уменьшить общую площадь. Компактное исполнение при малом весе позволяет установить КРУЭ практически где угодно. Капитальные затраты снижаются при применении небольших или уже существующих зданий, например при замене РУ среднего напряжения на КРУЭ 145 кВ (рис. 3.1-35).

В основе ячейки КРУЭ, установленной на несущей раме, лежит выключатель (рис. 3.1-33). Специальный многофункциональный соединительный модуль совмещает функции разъединителя и заземлителя в трехпозиционном коммутационном аппарате. Он может быть использован как:

- Шина с встроенным разъединителем и рабочим заземлителем (рис. 3.1-33, поз. 3 и 5)
- Модуль отходящего присоединения с встроенным разъединителем и рабочим заземлителем (рис. 3.1-33, поз. 9)
- Модуль секционирования шины с шинным заземлителем

Модули кабельного присоединения могут быть оснащены традиционными заделками или появишимися позже кабельными муфтами (рис. 3.1-33, поз. 10). Гибкие одополюсные модули применяются для соединения траснформаторов и ВЛ с модулем-разделителем, который соединяет трехполюсное КРУЭ с однофазным модулем присоединения.

Благодаря своему компактному исполнению, полностью собранная и испытанная ячейка может быть доставлена как одна транспортная единица. Быстрая установка и ввод в эксплуатацию обеспечивают высочайшее качество.



- Шкаф управления
- Трансформатор тока
- 3 Сборная шина 2 с разъединителем и заземлителем
- 4 Дугогасительная камера силового выключателя
- Сборная шина 1 с разъединителем и заземлителем
- Пружинный привод с модулем управления выключателем
- Трансформатор напряжения
- Быстродействующий заземлитель
- 9 Модуль отходящего фидера с разъединителем и заземлителем
- 10 Кабельная концевая муфта

Рис. 3.1-34: Объем деятельности при заказе КРУЭ



Рис. 3.1-35: **КРУЭ типа 8DN8 с номинальным напряжением 145 кВ**

Устройства управление и защиты могут быть установлены в шкафу управления ячейки, размещенном на передней стороне каждой ячейки (рис. 3.1-33, поз. 1). Кроме того, самые современные устройства мониторинга доступны по заказу, например для контроля частичных разрядов в режиме on-line.



Рис. 3.1-36: Ячейка КРУЭ типа 8DN8 с номинальным напряжением 145 кВ.

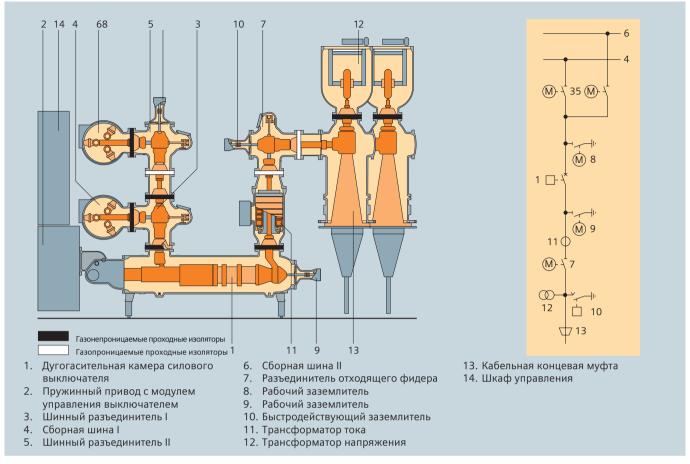


Рис. 3.1-37: КРУЭ типа 8DN9 с номинальным напряжением 245 кВ, шины в трехполюсном исполнении

КРУЭ типа 8DN9 (напряжение до 245 кВ)

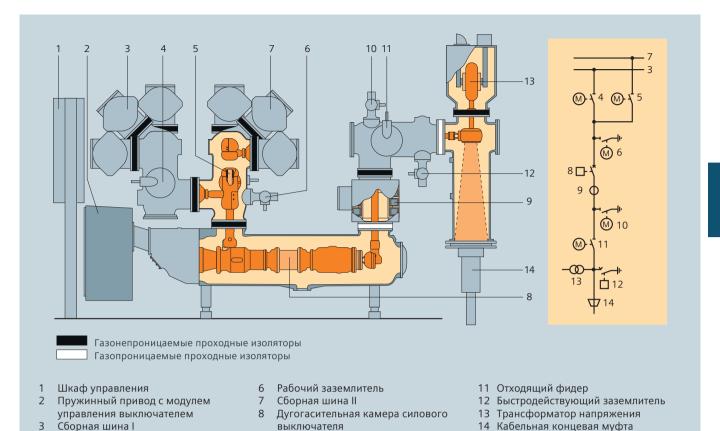
Конфигурация ячеек легкого и компактного КРУЭ 8DN9 очевидна с первого взгляда. Приборы управления и мониторинга легко доступны несмотря на компактное исполнение КРУЭ.

Горизонтально расположенный выключатель является основой ячейки любой конфигурации. Привод выключателя легко доступен из зоны управления. Модули остальных ячеек КРУЭ однополюсного исполнения, например, модуль разъединителя, располагаются наверху выключателя. Трехполюсный пассивный модуль сборных шин отделен от активного оборудования (рис.3.1-36, 3.1-37).

Благодаря принципу «один модуль – одна функция» и модульной структуре, возможно реализовать даже нетрадиционное расположение КРУЭ с помощью всего 20 различных модулей. Модули соединяются друг с другом с помощью стандартных соединений, что позволяет реализовать широкий круг ячеек. Исполнение КРУЭ на стандартных модулях и объем работ гарантируют, что все типы ячеек могут быть установлены на небольшой площади. Компактное исполнение позволяет доставлять готовые ячейки. которые собраны и испытаны на заводе, обеспечивая быстрые и эффективные установку и ввод в эксплуатацию.



Рис. 3.1-38: KРУЭ типа 8DN9 с номинальным напряжением 245 кВ



Трансформатор тока

Рис. 3.1-39: КРУЭ типа 8DQ1 с номинальным напряжением 500 кВ

КРУЭ типа 8DQ1 (напряжение до 550 кВ)

Шинный разъединитель I

Шинный разъединитель II

КРУЭ типа 8DQ1 с номинальным напряжением до 550 кВ имеет однополюсное исполнение. Каждый модуль расположен в собственном корпусе.

Основой ячейки КРУЭ является горизонтально расположенный выключатель, на верхней части корпуса которого установлены разъединители, заземлители, трансформаторы тока и прочие модули. Модули сборных шин отделены от активного оборудования (рис. 3.1-38, 3.1-39).

Некоторые другие характеристики КРУЭ:

- Выключатель с одной дугогасительной камерой для номинальных напряжений до 420 кВ и с двумя дугогасительными камерами для номинального напряжения 550 кВ (рис.3.1-38)
- Номинальные токи отключения до 63 кА (при двух циклах) для 50/60 Гц и до 80 кА для напряжений до 420 кВ
- Горизонтальное расположение выключателя обеспечивает низкий центр тяжести КРУЭ
- Применение транспортировочной рамы силового выключателя в качестве опорной конструкции КРУЭ
- Уменьшенная площадь уплотнительных поверхностей и, таким образом, снижение риска утечки благодаря использованию нескольких модулей в одном корпусе.





Рис. 3.1-40: Ячейка КРУЭ типа 8DQ1 с номинальным напряжением 420 кВ

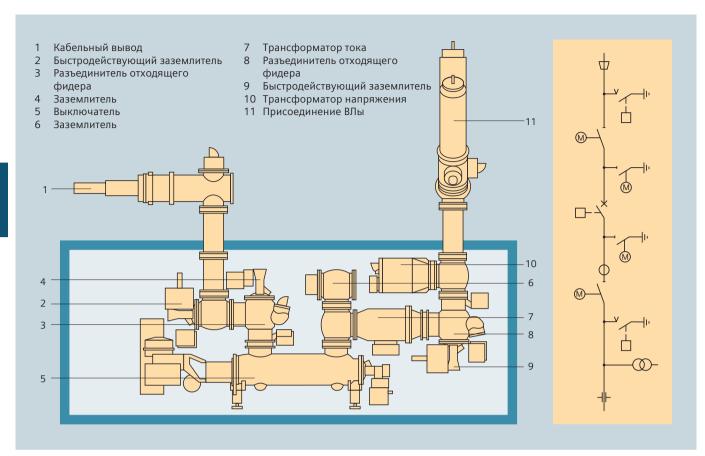


Рис. 3.1-41: КРУЭ типа 8DQ1 с номинальным напряжением 420 кВ

Специальные компоновки

Элегазовые распредустройства, размещенные обычно в зданиях, целесообразны в тех местах, где очень высокая стоимость земли или того требуют условия окружающей среды. С случаях с малыми ПС или в случаях расширения, где установка в здании не обеспечивает никаких преимуществ, хорошим решением является установка подстанции в контейнер.

Мобильные контейнерные распредустройства На уровне среднего напряжения, контейнерные распредустройства являются наилучшим решением. И даже ПС высокого напряжения могут быть выполнены таким же образом и быть экономически оправданными во многих случаях. Ядро системы -КРУЭ, установленное либо в контейнере из листовой стали, либо в блочном здании из готовых бетонных блоков. В отличии от обычного стационарного РУ здесь нет необходимости в сложных конструкциях, т.к. мобильные ПС приходят уже со своим «зданием» (рис. 3.1-40, рис. 3.1-41).

Мобильные контейнерные ПС могут состоять из одной ячейки или нескольких с большим числом различных схем и компоновок. Допустимо применять все обычные компоненты для подключения, включая наружные проходные изоляторы, переходные кабельные муфты и элегазовые токопроводы. При необходимости все управляющее и защитное оборудование, в т.ч. и для местной сети может быть смонтировано в контейнере. Это дает широкие возможности по установке на месте. Контейнерные РУ уже заранее собраны на заводе и готовы к работе. Из работ на месте требуется только установка контейнера, монтаж наружных частей системы и подключение внешних соединений. Перенос работ по сборке РУ на завод повышает качество и эксплуатаци-



Рис. 3.1-42: Контейнерная ячейка КРУ 8DN9

3.1 Высоковольтные подстанции

онную надежность. Мобильные контейнерные РУ занимают мало места и обычно хорошо вписываются в окружающую обстановку. Для операторов значительным преимуществом является высокая доступность и малое время ввода в эксплуатацию. Значительное снижение расходов достигается в проектировании, работах по возведению и сборке.

Получение разрешения департамента архитектуры либо не требуется вообще, либо требуется в упрощенной форме. Установка также может работать в различных местах по очереди. Адаптация к конкретной обстановке не представляет проблем. Следующие возможные применения для контейнерных станций:

- Временное решение во время модернизации ПС.
- Дешевое промежуточное решение в тех местах, где возведение трансформаторной подстанции включает в себя утомительные формальности, такие как получение земли или прокладка кабелей.
- Быстровозводимая аварийная станция в случае сбоя в работе существующего РУ.
- ПС для передвижных геотермальных электростанций.

КРУЭ напряжения до 245 кВ в стандартном контейнере Размеры КРУЭ 8DN9 позволяют разместить все активные компоненты распредустройства (выключатель, разъединитель, заземлитель) и шкаф управления в стандартный контейнер. Занимаемая площадь равна 6.1 м х 2.44 м и соответствует стандарту ISO 668. Хотя контейнер превышает стандартный размер 2.44 м, это не вызовет никаких проблем при транспортировке, что было подтверждено несколькими доставками оборудования. Немецкий Ллойд (утверждающий орган) уже выдал сертификат для конструкции контейнера еще большего размера. Стандартные размеры и угловые фитинги по ИСО облегчают процесс транспортировки в 6.1-ти метровой раме контейнерного судна и на низкорамном тягаче. Две двери обеспечивают персоналу доступ в контейнер.

КРУЭ в аренду

Siemens также предлагает контейнерные элегазовые высоковольтные подстанции в аренду в случаях срочной необходимости, очень быстро и экономически выгодно. Сервис Siemens по быстрым системам энергоснабжения предлагает экономичное решения для временных периодов от нескольких недель до 3 лет.

Технические характеристики КРУЭ

Примечание: приведенные ниже характеристики не являются исчерпывающими, однако, представляют собой важную информацию. Они применимы для КРУЭ, предназначенных для работы с воздушными и кабельными линиями и трансформаторами. Основные технические характеристики КРУЭ указаны в спецификации и на принципиальной схеме, приложенной к опросному листу.

Принципиальная схема и эскиз расположения КРУЭ на ПС является частью предложения. Любое заказанное КРУЭ будет комлектным, функциональным, безопасным и надежным устройством, даже если некоторые части, необходимые для этого, не были специально указаны в опросном листе.

- Применяемые стандарты:
 - Оборудование разработано, изготовлено, испытано и установлено в соответствии с последними редакциями применимых стандартов ІЕС, таких как:
 - IEC 62271-1 «Высоковольтные коммутационные аппараты и устройства управления. Общие требования»
 - IEC 62271-203 «Высоковольтные коммутационные аппараты и устройства управления. Коммутационные аппараты с газовой изоляцией в металлическом корпусе с номинальным напряжением выше 52 кВ»
 - IEC 62271-100 «Высоковольтные коммутационные аппараты и устройства управления. Выключатели переменного тока»
 - IEC 62271-102 «Высоковольтные коммутационные аппараты и устройства управления. Разъединители и заземлители переменного тока»
 - IEC 60044 «Измерительные трансформаторы. Трансформаторы
 - Национальные стандарты по запросу

Местные условия

Оборудования испытано для внутренней и наружной установки. Заказчик должен обеспечить ровный бетонный пол с отверстиями для прохода кабелей, если это необходимо. КРУЭ поставляется с регулируемыми опорами (ногами). Если требуются стальные опорные конструкции, они будут поставлены компанией Сименс. В соответствии с исполнением, температура в зале КРУЭ должна находиться в пределах от -5 °C до +40 °C, температура вне здания (при открытой установке) от -30 $^{\circ}$ C до +40 $^{\circ}$ C (+50 $^{\circ}$ C). Для модулей, устанавливаемых вне здания (модули присоединения ВЛ), должны быть соблюдены условия по IEC 62271-203. Для корпусов применяется алюминий или сплавы алюминия.

Минимум работ по установке на площадке обеспечивает максимальную надежность. В одной транспортной единице могут быть поставлены до шести ячеек с одной сборной шиной или до трех с двумя сборными шинами. Ячейки полностью собраны, протестированы и комплектны. Размер сборочного узла ограничивается только требованиями к транспортным габаритам. Поставляемые КРУЭ имеют корпус такой толшины и из такого материала, чтобы он мог выдержать воздействие дуги при внутреннем КЗ при отказе первой ступени защиты, и не прогореть насквозь. Толщина корпуса зависит от типа КРУЭ и номинального тока КЗ.

Все модули изготовлены таким образом, чтобы компенсировать температурные расширения и сжатия, возникающие при изменении температуры. Для этого в КРУЭ установлены металлические компенсаторы. Для контроля давления газа в корпусах КРУЭ имеются денсиметры с электрическими контактами. Каждый денсиметр имеет как минимум два уровня давления срабатывания сигнализации. Давление газа в выключателе может быть определено с помощью денсиметров, установленных в шкафу управления выключателя.

Компания Сименс гарантирует, что снижение давления в каждом отдельном газовом объеме, не превышает 0.1% в год для одного газового объема. Каждый газовый объем оснащен фильтрами, которые впитывают водяной пар, проникающий внутрь КРУЭ в течение как минимум 25 лет. Промежутки времени между проверками достаточно длинные, что сводит затраты на обслуживание к минимуму. Первая проверка проводится через 10 лет. Первая серьезная проверка проводится как правило через 25 лет эксплуатации, если до этого не было совершено предписанное число коммутаций.

3.1 Высоковольтные подстанции

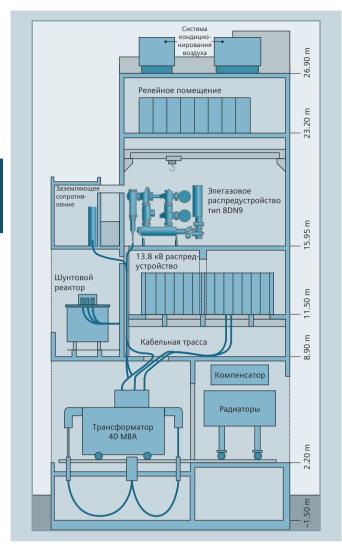


Рис. 3.1-43: Специальная компоновка для ограниченного пространства. Вид в разрезе постройки, показывающая компактность элегазовых подстанций

Расположение и модули

Расположение

Расположение

КРУЭ может иметь одно- или трехполюсный корпус. КРУЭ состоит из полностью отделенных друг от друга объемов и спроектировано таким образом, чтобы свести к минимуму риск для оперативного персонала или соседних частей КРУЭ даже в случае неполадок. Разрывные мембраны предохраняют газовые объемы от взрыва. Газоотводные патрубки обеспечивают безопасность персонала. Для обеспечения максимальной надежности, внутренние устройства сброса давления не установлены, так как они могли бы повлиять на соседние газовые объемы. Модульный принцип, полное разделение газовых объемов, вводы, защищенные от воздействия дуги и втычные соединения позволяют убрать и заменить любой модуль при минимальном воздействии на соседние модули. При этом даже не надо откачивать из них элегаз.

Модуль сборных шин

Модули сборных шин соседних ячеек соединены между собой через компенсаторы, воспринимают допуски и температурные изменения длины в продольном и поперечном направлениях. Скользящий контакт между токопроводами компенсирует температурные изменения длины токопровода.

Выключатели

(см. раздел 4.1.1 Выключатели 72,5-800 кВ

Выключатели используют принцип динамической автокомпрессии. Количество дугогасительных камер на полюс зависит от назначения выключателя. Дугогасительные камеры и контакты выключателей легко доступны. Выключатели могут функционировать в режиме рассогласования фаз и спроектированы так, чтобы создавать минимальные перенапряжения. Отключающая способность выключателей позволяет им отключать токи начиная с зарядных токов ВЛ и заканчивая токами КЗ.

Конструкция выключателей позволяет им выполнять как минимум 10 коммутаций (в зависимости от уровня напряжения) при токе КЗ. Открытие газовго объема выключателя для обслуживания или ремонта не требуется. Разница во времени при срабатывании выключателя составляет 3 мс, это разница во времени между включением или отключением первого и последнего полюса. Стандартная АКБ, которая применяется для питания цепей управления, может так же быть использована для питания двигателя взведения пружины. Привод и взведенная пружина привода обеспечивают привод энергией, достаточной для выполнения всех коммутационных операций по IEC. Система управления предает предупреждающие сигналы и обеспечивает блокировки, а так же запрещает оперирование выключателем при не до конца взведенной пружине или при низком давлении элегаза в выключателе.

Разъединители

Все разъединители имеют один разрыв. Разъединители имеют привод постоянного тока с напряжением 110, 125, 220 или 250 В, обеспечивающий удаленное управление, а так же механизм для ручного оперирования. Каждый привод имеет собственный корпус и оснащен вспомогательными выключателями в дополнение к механическим указателям коммутационного положения. Подшипники не требуют смазывания на всем сроке службы (рис. 3.1-43)

Заземлители

Рабочие заземлители обычно применяются с обеих сторон выключателя. Дополнительные заземлители могут быть использованы для заземления шин или иных узлов. Заземлители имеют привод постоянного тока с напряжением 110, 125, 220 или 250 В, обеспечивающий удаленное управление, а так же механизм для ручного оперирования. Каждый привод имеет собственный корпус и оснащен вспомогательными выключателями в дополнение к механическим указателям коммутационного положения. Подшипники не требуют смазывания на всем сроке службы. Быстродействующие заземлители с включающей способностью применяются для присоединений кабельных или воздушных линий. Они оснащены быстродействующим механизмом для включения, обеспечивающим возможность включения токов КЗ (рис. 3.1.-44).

3.1 Высоковольтные подстанции

Измерительные трансформаторы

Трансформаторы тока (ТТ) имеют сухую изоляцию. Эпоксидная смола для изоляции не применяется. Классы точности и нагрузки ТТ показаны на принципиальной электрической схеме. Трансформаторы напряжения (ТН) индуктивного типа и могут иметь нагрузку до 200 ВА.

Модули кабельного присоединения

Для КРУЭ в одно- или трехполюсном исполнении поставляются модули кабельного присоединения. Производитель кабеля должен поставить концевую кабельную муфту и соответствующее уплотнение, чтобы избежать попадания газа или масла внутрь КРУЭ. Компания Сименс поставляет соответствующий кабельный разъем. Модуль кабельного присоединения может быть использован для масло- и газонаполненных кабелей, а так же кабелей с СПЭ-изоляцией. Дополнительно поставляется оборудование для надежного изолирования кабельного модуля и для высоковольтных испытаний кабельного присоединения (рис. 3.1-45).

Модуль присоединения ВЛ

Модуль для присоединения ВЛ поставляется с вводом элегаз-воздух, но без аппаратных зажимов (рис. 3.1-46).

Модуль присоединения трансформатора/реактора Модуль предназначен для прямого присоединения маслонаполненного трансформатора или реактора к КРУЭ. Стандартные модули позволяют присоединить трансформаторы различных типов (рис. 3.1-47).

Система управления и мониторинга

Стандартно для каждой ячейки поставляется электромеханическая система управления. Эта система управления предотвращает недопустимые операции. Мнемонические схемы и указатели коммутационного положения обеспечивают оперативный персонал всей необходимой информацией. Устройства для удаленного управления так же включены в объем поставки. Давление газа в газовых объемах постоянно контролируется датчиками плотности, которые передают предупреждения и сигналы блокировок

через свои контакты.

Необходимые испытания

Проверка уровня частичных разрядов

Все изоляторы из литой смолы, установленные в КРУЭ подвергаются испытанию на уровень частичных разрядов перед установкой в КРУЭ. При напряжении 1,2 линейного напряжения частичных разрядов не обнаружено. Это испытание гарантирует максимальную безопасность в смысле отказа изоляции, возможность долгосрочной эксплуатации изоляторов и высокую степень надежности.

Испытания давлением

Каждый корпус модуля КРУЭ проходит испытание давлением, вдвое превосходящим рабочее давление.

Проверка на утечки

Испытание на утечки проводится для сборочных узлов, чтобы проверить что фланцевые поверхности и крышки изготовлены качественно, что гарантирует низкий уровень утечек.

Испытание напряжением промышленной частоты Каждый үзел КРУЭ подвергается испытанию напряжением промышленной частоты, при котором в том числе определяется уровень частичных разрядов, чтобы проверить правильность установки токопроводов и убедиться, что поверхности изоляторов чистые. Кроме того, это испытание показывает, что в КРУЭ не произойдет внутренне КЗ.

Дополнительные технические данные

Компания Сименс предоставит любые размеры, веса или иную информацию о КРУЭ, которая может оказать влияние на местные условия или эксплуатацию КРУЭ. При заказе поставляются чертежи КРУЭ.



Рис. 3.1-44. **КРУЭ в специаль**ном здании

3.1 Высоковольтные подстанции

Руководства по эксплуатации

В объем поставки КРУЭ входят подробные руководства по установке, эксплуатации и обслуживанию КРУЭ.

Объем поставки

Компания Сименс для любого типа КРУЭ поставляет следующее:

- Ячейки КРУЭ, включающие выключатель, разъединители и заземлители, измерительные трансформаторы и модули сборных шин. Для различных типов ячеек поставляются:
 - Модули кабельного присоединения в соответствии с ІЕС 60859. В объем поставки КРУЭ входят корпус, соединительная деталь и соединительная пластина; в объем поставки кабеля должны входить кабельная муфта и уплотнение (рис. 3.1-45).
 - Модуль присоединения ВЛ поставляется с вводом элегаз-воздух, но без аппаратного зажима (рис. 3.1-46).
 - Модуль присоединения трансформатора: компания Сименс поставляет соединительный фланец для присоединения к КРУЭ и токопровод для присоединения к трансформатору. Ввод элегаз-масло должен быть установлен на трансформаторе, если специально не оговорено иное (рис. 3.1-47). Указание: для этого пункта всегда необходимо тесное взаимодействие между изготовителем КРУЭ и трансформатора.
- Каждая ячейка имеет площадки для присоединения заземляющего проводника. Заземляющее устройство и присоединения КРУЭ к заземляющему устройству не входят в объем поставки
- Газ для заполнения КРУЭ входит в объем поставки. Так же компания Сименс поставляет все необходимые приборы для контроля давления газа.
- В объем поставки входят устройства защиты вторичных цепей.
- Шкафу местного управления поставляются для каждой ячейки и объединяются в систему управления КРУЭ. Так же поставляются устройства для удаленного управления.
- Компания Сименс поставляет так же опорные металлоконструкции. Закладные детали и работы по сооружению фундамента не входят в объем поставки КРУЭ.

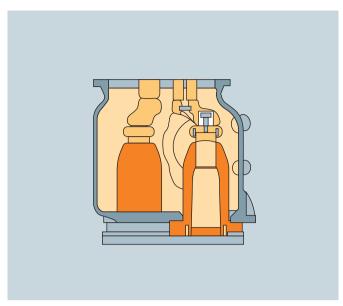


Рис. 3.1-45: Модуль кабельного присоединения.

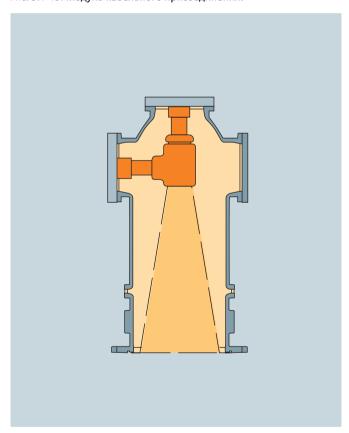


Рис. 3.1-46: Модуль кабельного присоединения: Доступен модуль подключения кабеля, соответствующий МЭК, для соединения распредустройства с высоковольтными кабелями. Стандартизованная конструкция этих модулей позволяет соединение кабелей с различным сечением и типом изоляции. Параллельное кабельное подключение для больших номинальных токов также доступно с таким же модулем.

За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь: e-mail: h-gis.ptd@siemens.com

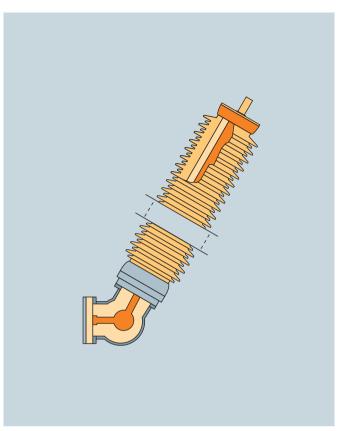


Рис. 3.1-47: Модуль присоединения ВЛ: эти модули применяются для присоединения ВЛ к КРУЭ. Модуль может быть изготовлен по специальным требованиям к изоляционным расстояниям и длине пути утечки. Они присоединяются к КРУЭ через угловые модули различных исполнений.

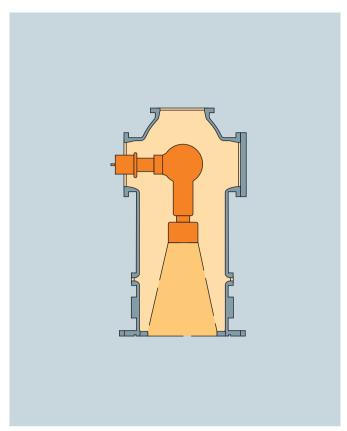


Рис. 3.1-48: Модуль присоединения трансформатора/реактора. Эти модули обеспечивают подключение к КРУЭ силовых трансформаторов или реакторов. Стандартизованные модули обеспечивают экономичное решение для различных размеров трансформаторов.



Рис. 3.1-49: Присоединение трансформатора к КРУЭ



Рис. 3.1-50: **КРУЭ 8DQ1 550 кВ, полуторная схема**

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

3.2.1 Введение

В соответствии с международными правилами, существуют только два уровня напряжений:

- Низкое напряжение: до и включая 1 кВ АС (или 1500 В DC)
- Высокое напряжение: свыше 1 кВ АС (или 1500 В DC)

Большинство электроприемников, использующихся в домах, коммерческих и промышленных приложениях работают с низким напряжением. Высокое напряжение используется не только для передачи энергии на очень большие расстояния, а также для регионального распределения энергии до энергоузлов через малые ветви. Из-за того, что высокое напряжение используется для передачи и областного распределения энергии, появился термин «среднее напряжение» для использования для напряжений, требуемых для областного распределения энергии, как часть диапазона высокого напряжения от 1 кВ АС до и включая 52 кВ АС (рис. 3.2-1). Наиболее используемые уровни напряжения в системах среднего напряжения лежат в диапазоне от 3 кВ до 40.5 кВ АС.

Электрические системы передачи и распределения энергии не только соединяют электростанции с потребителями электроэнергии, но и также со своими «смешанными системами», образуют наднациональную основу с резервами для надежного электроснабжения и для компенсации разницы в нагрузке. Высокое

рабочее напряжение (и поэтому малые токи) предпочтительны для передачи энергии с целью уменьшения потерь. Напряжение не преобразуется до обычных значений, пока не достигнет до энергоузлов, близких к потребителю.

Для электроснабжения общего пользования, системы среднего напряжения в основном работают с уровнями напряжения от 6 до 35 кВ(рабочее напряжение). Значения сильно разнятся в разных странах, в зависимости от исторического развития технологий и местных условий Оборудование среднего напряжения

Отдельно от электроснабжения общего пользования, также существуют другие уровни напряжения для удовлетворения нужд потребителей на промышленных предприятиях с системами среднего напряжения; в большинстве случаев, решающее значение имеет рабочее напряжение используемых моторов. Рабочее напряжение от 3 кВ до 15 кВ часто используется в промышленных системах электроснабжения. В энергосистемах и системах распределения, оборудование среднего напряжения используется в:

- Электростанциях, для генераторов и системах электроснабжения станции
- Трансформаторных подстанциях первичного уровня распределения энергии (системы электроснабжения общего пользования и системы больших промышленных компаний), в которых энергия, полученная от систем высокого напряжения преобразуется в среднее напряжение.
- Местное электроснабжение, трансформаторные или клиентские подстанции передачи для больших потребителей (вторичный уровень распределения), в которых напряжение среднего уровня преобразуется в низкий уровень и распределяется потребителям.

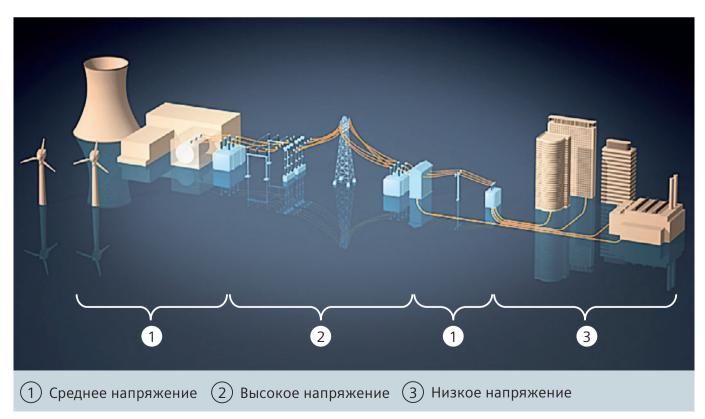


Рис. 3.2-1: Уровни напряжения от электростанции до потребителя

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения



Рис. 3.2-2: Определение уровней напряжения

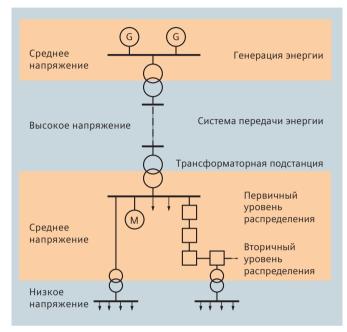


Рис. 3.2-3: Уровни напряжения с системах электроснабжения и распределения

3.2.2 Основные сведения о коммутационных устройствах

Что такое коммутационные устройства?

Коммутационные устройства - это устройства, используемые для замыкания и размыкания электрических цепей. Во время операций замыкания и размыкания могут возникнуть следующие нагрузки:

- Коммутация без нагрузки
- Размыкание рабочих токов
- Размыкание токов короткого замыкания

Что могут делать различные коммутационные устройства?

- Автоматические силовые выключатели: Замыкать и размыкать любые токи в пределах своего рабочего диапазона, начиная от малых токов от индуктивной и емкостной нагрузки до полных токов короткого замыкания в любых условиях сбоя в энергосистеме, таких как замыкание на землю, противофазы и пр.
- Выключатели нагрузки: Коммутируют токи до нормальных номинальных значений и могут включаться на токи короткого замыкания (до их номинальной включающей способности при коротком замыкании)
- Разъединители: Используются для операций ненагруженного замыкания и размыкания Их задача «изолировать» нижестоящие устройства, для того, чтобы на них можно было бы работать персоналу
- Трехпозиционные разъединители: Сочетают в себе функции разъединителя и заземлителя в одном устройстве. Трехпозиционные разъединители типичны для элегазовых распредустройств.

- Выключатели-разъединители (выключатель нагрузки): Представляют собой комбинацию выключателя и разъединителя, или выключателя с изоляционным промежутком.
- *Контакторы:* Выключатели нагрузки с ограниченной включающей или отключающей способностью при коротком замыкании Они используются для частых переключений.
- Заземляющий выключатель: Используются для заземления изолированных(отделенных) цепей.
- Высоконадежный заземляющий выключатель (заземлитель с включающей способностью): Используются для безопасного заземления цепей, даже если на них присутствует напряжения, т.е. даже в том случае, если цепь, которую нужно заземлить случайно не была заизолирована (отключена).
- Плавкие предохранители: Состоит из цоколя плавкого предохранителя и плавкой вставки. С применением цоколя предохранителя можно сделать изолирующий промежуток, вытащив плавкую вставку в условиях отсутствия напряжения (наподобие разъединителя). Плавкая вставка используется для одного срабатывания в случае короткого замыкания.
- Разрядники для защиты от перенапряжений: Используются для разрядки нагрузки, вызванной ударами молний (внешние перенапряжения) или в случае коммутационных операций или замыканий на землю (внутренние перенапряжения). Они защищают подключенное оборудование от недопустимых высоких напряжений.

Выбор коммутационных устройств

Коммутационные устройства выбираются в соответствии с своими рабочими параметрами и исходя из задач, которые они должны выполнять, включая скорость коммутации. Приведенные Таблицы 3.2-2 - 3.2-5

Выбор в соответствии с рабочими параметрами Условия в системе, т.е. свойства основной цепи определяют требуемые параметры. Наиболее важные из них:

- Номинальное напряжение: Наивысшее напряжение в системе, на которое устройство спроектировано. Поскольку все высоковольтные коммутационные устройства являются прерывателями нулевого тока, за исключением некоторых плавких предохранителей, напряжение в системе является наиболее важным размерным критерием. Оно определяет нагрузку на диэлектрик восстанавливающимся напряжением, особенно, когда выключатель находится в положении отключено.
- Номинальный уровень прочности изоляции: Электрическая прочность диэлектрика от фазы до земли, между фазами и через открытый промежуток между контактами, или вдоль изоляционного промежутка. Электрическая прочность диэлектрика представляет собой способность электрического прибора выдерживать любое напряжение в пределах заданной последовательности в пределах до максимального выдерживаемого напряжения. Также могут быть рабочие напряжения или высокочастотные напряжения, вызванные операциями переключения, замыканиями на землю (внутренние перенапряжения) или ударами молний (внешние перенапряжения). Электрическая прочность диэлектрика проверяется тестом выдерживаемого грозового импульсного напряжения со стандартным импульсом 1.2/50 мкс и тест на выдерживаемое напряжение промышленной частоты (50 Гц/1 мин).

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

Устройство	Выдеря	киваемая спосо	бность, номина	льная	Коммутационн	ая способность,	номинальная
	Уровень прочности изоляции	Напряжение	Нормальные токи	Пиковое значение допустимого тока	Ток отклю- чения	Ток от- ключения короткого замыкания	Ток включения короткого замыкания
Автоматический выключатель	Х	х	Х	Х	Х	Х	Х
Выключатель нагрузки (-разъединитель)	Х	Х	Х		Х		Х
Разъединитель	Х		x	x			
Заземлитель	Х			Х			
Высоконадежный заземлитель	Х	х					Х
Контактор	Х	х	Х	Х		X 1)	X 1)
Плавкая вставка		х	Х			Х	
Цоколь плавкого предохранителя	Х		Х				
Разрядник *	X ²⁾	X 3)		X ⁴⁾		X ⁵⁾	
Токоограничивающий реактор	Х		Х	Х			
Проходной изолятор	Х		x	X ⁶⁾			
Опорный изолятор	Х			X ⁶⁾			
х Выбор параметра ¹⁾ Ограничено включающей или выключающей способностью при коротком замыкании ²⁾ Используется в качестве параметра выбора только в особых случаях, например высоких уровнях загрязнения ³⁾ Разрядники с искровым промежутком: номинальное напряжение			5) Для разрядни 6) Для высоков	ольтного ввода і я разрушающая	ъ к короткому за и изоляторов:	ов мыканию в случа стяжения, изгиб	,

(Параметры для вторичного оборудования для исполнительных механизмов, управления и контроля не рассматриваются в этой таблице)

Таблица. 3.2-1: Выбор устройства в соответствии с данными первичной цепи

Клас	cc	Коммута- ционные циклы	Описание				
М	M1	1 000	Механическая износостойкость				
	M2	5 000	Увеличенная механ	ическ	ая износостойкость		
Е	E1			Тесто	вые токи: (ст	apoe)	
				I _{narp}	Ток отключения активной нагрузки	I_I	
		$10 \times I_{\text{nazp}} $ $10 \times I_{\text{nazp}}$	20 × 0.05 × Інагр	I_{loo}	Ток отключения в замкнутом контуре	I_{2a}	
		I _{nazp}	10 × Icc 10 × 0.2 до 0.4 × Icc до 0.4 × Icc 10 × Ief1	10 × Icc	I_{cc}	Ток отключения зарядных токов кабеля	I_{4a}
				I_{lc}	Ток отключения зарядных токов линии	I_{4b}	
	E2	$30 \times I_{nazp}$ $20 \times I_{nazp}$ $3 \times I_{ma}$		I_{sb}	Ток отключения батареи кон- денсаторов	$I_{_{4c}}$	
	E3	$100 \times I_{naxp}$ $20 \times I_{naxp}$ $5 \times I_{ma}$		I_{bb}	Ток отключения компенсационной батареи конденсаторов	$I_{_{4d}}$	
С	C1	$10 \times I_{cc}$ $10 \times I_{lc}$ $10 \times I$	Повторные пробои допустимы(ко- личество не определено)	$I_{\it efI}$	Ток разрыва при замыкании на землю	I_{6a}	
	C2	кроме того 10 × 0,1	гого 1 Нет повторного I_{∞} пробоя	$I_{e\!f\!2}$	Ток отключения зарядных токов лини и кабеля в случае короткого замыкания на землю	I_{6b}	
				I_{ma}	Ток при включении на короткое замыкание	I_{ma}	

Таблица. 3.2-2: Классы выключателей нагрузки

Клас	:c	Описание				
М	M1	2000 циклов коммутации	Нормальная механическая износостойкость			
	M2	10 000 циклов коммутации	Увеличенная меха стойкость, снижени обслуживание			
Е	E1	2 х С и 3 х О с 10 %, 30 %, 60 % и 100 % <i>I</i> _{хх}	Нормальная электр кость (не покрывае			
	E2	2 x C и 3 x O с 10 %, 30 %, 60 % и 100 % <i>I</i> _{x3}	Без функции автоматического включения	Увеличенная электрическая износостойкость		
		26 × C 130 × O 10 % I_{cr} 26 × C 130 × O 30 % I_{cr} 4 × C 8 × O 60 % I_{cr} 4 × C 6 × O 100 % I_{cr}	С функцией автоматического включения	без обслуживания прерывающих частей основной схемы		
С	C1	$24 \times { m O}$ на каждые 1040% I_{le^t} I_{ce^t} I_{bc} 24 $\times { m O}$ на каждые 1040% I_{le^t} I_{ce^t} I_{bc}	Низкая вероят- ность повторного пробоя	Операции отключения без повтор-		
	C2	$24 \times { m O}$ на каждые 1010,40% $I_{lc'}$ $I_{cc'}$ I_{bc} 128 × O на каждые 1010,40% I_{kl} $I_{cc'}$ I_{bc}	Очень низкая вероятность по- вторного пробоя	ных пробоев в 2 из 3 тестах		
S	S1	Автоматический выключатель, исполь	зуемый в кабельно	й сети		
S2 Автоматический выключатель, используемый в проводной сети, и бельной сети с непосредственным подключением(без кабеля) к в линиям						
Class C1 is recommendable for infrequent switching of transmission lines and cables ** Class C2 is recommended for capacitor banks and frequent switching of transmission lines and cables						

Таблица. 3.2-3: Классы автоматических выключателей

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

Клас	c	Рабочие циклы	Описание
М	M0	1 000	Для основных требований
	M1	2 000	V
	M2	10 000	Увеличенная механическая износостойкость

Таблица. 3.2-4: Классы износостойкости для разъединителей

Кла	cc	Рабочие циклы	Описание	
E	EO	$0 \times I_{ma}$	Нет стойкости при включении на короткое замыкание	Для основных требований
	E1	$2 \times I_{ma}$	Стойкости при включении	
	E2	$5 \times I_{ma}$	на короткое замыкание	Сниженные затраты на обслуживание

Таблица. 3.2-5: Классы изностойкости для заземляющих разъединителей

Класс		Описание				
С	C0	24 × О на каждые 1040% <i>I_ν, I_ν, I_ν</i> ,	Точно не опре- делено	≤ 1 повторного пробоя на каждое расцепление		
	C1	$24 \times \text{O}$ на каждые $1040\% I_{k}^{r}, I_{cc}^{r}, I_{kc}^{r}$	Низкая вероят- ность повторного пробоя	<5 кумулятивных повторных пробоя в тестах ВС1 и ВС2		
	C2	24 × О на каждые 1010,40% $I_{k'}$ $I_{cc'}$ I_{bc} 128 × О на каждые 1010,40% $I_{k'}$ $I_{cc'}$ I_{bc}	Очень низкая вероятность по- вторного пробоя	Нет повторного пробоя*		
* Класс С2 рекомендуется для наборов конденсаторов						

Таблица. 3.2-6: Классы контакторов

- Номинальные рабочие токи:
 - Ток, который основная цепь устройства может продолжительно пропускать в заданных условиях. Температура(особенно контактных групп) не должна превышать допустимых значений. Допустимый нагрев всегда связан с температурой окружающего воздуха. В случае если устройство смонтировано в корпусе, рекомендуется нагружать его ниже допустимого номинального тока, в зависимости от эффективности рассеивания тепла.
- Номинальное пиковое значение сквозного тока: Это пиковое значение тока во время короткого замыкания во время компенсационного процесса после начала течения тока, которое устройство может выдерживать во включенном(закрытом) состоянии. Это мера электродинамической(механической) нагрузки на электрический компонент. Для устройства с полной включающей способностью этот параметр не имеет значения (см. следующий пункт в списке)
- Номинальный ток включения при коротком замыкании: Пиковое значение тока включения в случае короткого замыкания на зажимах коммутационного устройства Эта нагрузка больше, чем выдерживаемое пиковое значение тока, поскольку динамические усилия могут работать против движения контактов.
- Номинальный ток отключения:
 Ток отключения нагрузки при нормальной работе. Для устройства с полной отключающей способностью и без критического диапазона токов этот параметр не имеет значения (см. следующий пункт)
- Номинальный ток отключения при коротком замыкании:
 Среднеквадратичное значение тока отключения в случае короткого замыкания на зажимах коммутационного устройства.

Выбор в соответствии с износостойкостью и скоростью коммутации, в случае если несколько устройств удовлетворяют электрическим требованиям и никакие другие дополнительные критерии не берутся в расчет. Требуемая скорость коммутации может использоваться в качестве дополнительного критерия при выборе. Таблицы 3.2-1 - 3.2-5 показывают износостойкость коммутационных устройств, давая рекомендации для надлежащего использования. Соответствующие стандарты устройств делают разделение между классами механической (М) и электрической (Е) износостойкости, вследствие чего они могут использоваться вместе для одного и того же устройства. Например, коммутационное устройство может иметь оба класса - механический М1 и электрический ЕЗ.

- Выключатели нагрузки:
 - Стандарт МЭК 62271-103 / VDE 0671-103 устанавливает классы только для так называемых выключателей нагрузки общего назначения. Также существуют «специальные выключатели нагрузки» и «выключатели нагрузки ограниченного применения».
 - Выключатели нагрузки общего назначения:
 Выключатели нагрузки общего назначения должны быть способны отключать различные типы рабочих токов (токи нагрузок, кольцевые токи, токи ненагруженных трансформаторов, зарядные токи ненагруженных кабелей и воздушных линий), а также работать при токах короткого замыкания.
 Выключатели нагрузки общего назначения, которые предназначены для использования в системах с изолированной нейтралью или с компенсацией замыкания на землю, должны иметь способность переключаться в условиях короткого замыкания на землю. Универсальность отражена в очень точных спецификациях для Е классов.
 - Элегазовые(SF₆) выключатели нагрузки:
 Элегазовые(SF₆) выключатели нагрузки подходят для случаев, когда коммутация осуществляется не чаще раза в месяц.
 Эти выключатели нагрузки обычно классифицируются как E3 в соответствии со своей высокой электрической износостой-костью.
 - Воздушные и автогазовые выключатели:
 Воздушные и автогазовые выключатели подходят для случаев, когда коммутация осуществляется не чаще раза в год. Эти выключатели часто имеют простую конструкцию и относятся к классу Е1. Хотя также доступны исполнения с классом Е2.
 - Вакуумные выключатели нагрузки:
 Коммутационная способность вакуумных выключателей
 нагрузки значительно выше, чем у M2/E3 классов. Они используются для специальных задач в основном в промышленных системах электроснабжения, а также в случаях, когда
 коммутация осуществляется по крайней мере раз в неделю.
- Автоматические силовые выключатели:
 Поскольку число механических рабочих циклов специально оговорено в М классе, стандарт для автоматических силовых выключателей МЭК 62271-100/VDE 0671-100 не определяет электрическую износостойкость Е -классов конкретными цифрами рабочих циклов; стандарт остается очень расплывчатым по этому вопросу. Нормы тестов короткого замыкания обеспечивают ориентир на так называемую «нормальную электрическую износостойкость» и «расширенную электрическую износостойкость». Число циклов включения и выключе-

ния указано в таблице 3.2-3.

^{*}Разъединители до 52 кВ могут переключать только незначительные токи до 500 мА (например, трансформаторы напряжения), или бОльшие токи только в случае незначительного различия напряжения (например, во время коммутации сборных шин, когда шинный выключатель включен)

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

Современные вакуумные силовые автоматические выключатели в целом могут включать и отключать номинальные рабочие токи до указанного числа механических рабочих циклов. Число срабатываний не являются определяющим критерием выбора, поскольку автоматические выключатели всегда используются там, где требуется отключающая способность при коротком замыкании для защиты оборудования.

Разъединители:

Разъединители не имеют никакой коммутационной способности (допустимо применение в качестве переключателя только для ограниченных приложений). Для таких коммутационных задач, как переключение одной конденсаторной батареи, распараллеливание наборов конденсаторов, переключение кольцевых схем, образуемых трансформаторами, подключенными в параллель или переключение моторов в нормальном и заблокированном состоянии, существуют разъединители для специальных применений. Таким образом, классы определяют только число механических рабочих циклов.

Заземляющий разъединитель:

Для заземляющих разъединителей Е классы определяют включающую способность при коротком замыкании (заземление при приложенным напряжении) ЕО относится к нормальным заземляющим разъединителям, заземлители классов Е1 и Е2 также называются высоконадежными или высокоскоростными заземляющими разъединителями.

Стандарт не устанавливает, как часто заземляющий разъединитель может быть приведен в действие чисто механически, здесь нет М классов для таких разъединителей.

Контакторы:

На сегодняшний день стандарт не устанавливает никаких классов износостойкости для контакторов. Наиболее широко используемые контакторы имеют механическую и электрическую износостойкость в пределах 250 000 - 1 000 000 рабочих циклов. Они используются везде, где коммутационные операции выполняются очень часто, например чаще, чем раз в час.

Касательно приложений для конденсаторов, стандарт МЭК 62271-106 представляет классы для отключения емкостных токов. В случае, если контакторы используются для конденсаторных батарей, рекомендуется применять контакторы только С2 класса.

3.2.3 Требования к распределительным устройствам среднего напряжения.

Основные факторы влияния и нагрузки, которым подвергается распределительное устройство определяется его задачами и рангом в распределительной системе. Эти факторы влияния и нагрузки определяют выбор параметров и характеристики распредустройства (рис. 3.2-4).

Факторы влияния и величины нагрузок

Напряжение в сети

Напряжение в сети определяет номинальное напряжение распределительного устройства, коммутационных устройств и других установленных компонентов. Верхний предел максимального напряжения в сети является решающим фактором.

Заданные конфигурационные критерии для распредустройства

- Номинальное напряжение $U_{\cdot\cdot}$
- Номинальный уровень прочности изоляции $U_{x}U_{y}$
- Номинальное первичное напряжение для трансформатора напряжения U_{\dots}

Ток короткого замыкания

Ток короткого замыкания характеризуется электрическими величинами пикового значения сквозного тока І (пиковое значение начального тока при симметричном коротком замыкании) и установившимся значением тока короткого замыкания $I_{\rm k3}$. Требуемый уровень тока короткого замыкания предопределен динамической характеристикой нагрузки и требуемого поддерживаемого качества энергии и определяет включающую и отключающую способность и выдерживающую способность коммутационных устройств и распредустройства (таблица 3.2-7).

Важные замечания: Соотношение между пиковым и установившимся током короткого замыкания может быть значительно больше стандартного коэффициента $I_p/I_{K3} = 2.5$ (50 Гц), используемого при производстве коммутационных и распределительных устройств. Например, возможный случай, -моторы, которые отдают энергию обратно в сеть в случае короткого замыкания. Это может значительно увеличивать пиковые токи.

Рабочие токи и потокраспределение

Номинальный (рабочий) ток относится к токоведущим частями вводных фидеров, сборной шины и отходящих фидеров. За счет пространственного расположения щитов и распределения мощности, вдоль проводящей цепи у соседних частей могут быть разные номинальные токи; типичными являются разные значения для сборных шин и фидеров.

При определении характеристик распредустройств необходимо запланировать резервы:

- В соответствии с температурой окружающей воздуха.
- Для планируемых перегрузок
- Временных перегрузок во время аварий

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

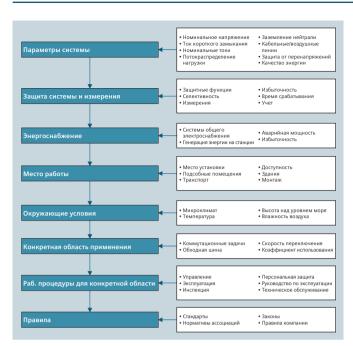


Рис. 3.2-4: Факторы влияния и нагрузки на распределительное устройство

Заданные конфигурационные критерии для распредустройства				
Основные и зазем- ляющие схемы	—Номинальное пиковое значение сквозного тока I_p —Номинальный ток термической стойкости I_k			
Коммутационные устройства	—Номинальный ток включения при коротком замыкании I_{sc} —Номинальный ток отключения при коротком замыкании I_{sc}			
Трансформаторы тока	—Номинальное пиковое значение сквозного тока $I_{k-d/n}$ —Номинальный выдерживаемый ток термической стойкости I_{th}			

Таблица. 3.2-7: Конфигурационные критерии для токов короткого замыкания

Для больших рабочих токов необходимо использовать большие сечения проводников или несколько параллельно соединенных кабелей; щит подключения должен иметь соответствующую конструкцию.

Заданные конфигурационные критерии для распредустройства

- Номинальные токи сборных шин и фидеров
- Количество кабелей на каждую фазу в распределительном щите (параллельные кабели)
- Характеристики трансформатора тока

Категория		В случае, если доступный отсек в щите открыт,
LSC 1		Другие распределительные щиты должны быть отключены, по крайней мере один
LSC 2	LSC 2	доступен только отсек подключения, когда сборная шина и другие распределительные щиты под напряжением
	LSC 2A	все доступные распределительные щиты, за исключением сборной шины, можно открыть в то время, как другие щиты остаются под напряжением
	LSC 2B	отсек подключения(кабели) может оставаться под напряжением в то время как другие доступные отсеки можно открыть, за исключе- нием сборной шины и ее подключений, и сборная шина и другие распределительные щиты остаются под напряжением.

Таблица. 3.2-8: Категории нарушения непрерывности электроснабжения при обслуживании

Типы доступности к отсекам	Возможности доступа	Тип конструкции
Контролируется блоки- ровками	Открытие при нор- мальной работе и для обслуживания, напри- мер замены плавкой вставки	Доступ контролируется конструкцией распредустройства, например встроенной блокировкой, предотвращающая недозволенное открытие.
Контролируется процедурой	Открытие при нор- мальной работе и для обслуживания, напри- мер замены плавкой вставки	Контроль доступа через соответствующую про- цедуру(рабочая проце- дура для оператора) в сочетании с замковым устройством (замок).
Контролируется спец. инструментом	Не предусмотрено открытие при нормальной работе и для обслуживания, например проверка кабеля	Доступ только с помощью специального инструмента для открытия; специальная процедура доступа(инструкция для оператора).
Нет доступа	Открытие невозможно; открытие может разрушить отсек. Применяется в основном для элега зовых отсеков и элегазовых распредустройств. Поскольку распредустройство не требует обслуживания и не зависимо от климата, досту не возможен и не требуется.	

Таблица. 3.2-9: Возможность доступа в отсеки

Классифі	Классификация IAC,A ,FLR,				
IAC	Стойкость к внутренней дуге				
A	Расстояние между индикаторами 300 мм, т.е. инсталляция в помещениях с доступом авторизованного персонала; эксплу- атация в закрытом помещении.				
FLR	Доступ спереди(F), с боков (L= боковой) и сзади (R)				
I	Тестовый ток= Номинальный ток отключения при коротком замыкании (в кА)				
t	Длительность горения дуги (в сек)				

Таблица. 3.2-10: Стойкость к внутренней дуге ІАС в соответствии с M3K 62271-200

3.2.4 Распределительные устройства среднего напряжения

/ровень рас- іределения	Тип изоляции	Тип конструкции	Нарушение непрерыв- ности электроснабже- ния при обслуживании	Класс перегородок	Стойкость к внутренней дуге		
Тервичный	Элегазовая изоляция	Расширяемая	LSC 2	РМ (металлические)	IAC A FLR 31.5 кА, 1 сек		
			LSC 2	PM	IAC A FLR 31.5 кА, 1 сек		
			LSC 2	PM	IAC A FL 25 кA, 1 сек ** IAC A FLR 25 кA, 1 сек ***		
			LSC 2	РМ (металлические)	IAC A FLR 31.5 кА, 1 сек		
			LSC 2	РМ (металлические)	IAC A FLR 31.5 кА, 1 сек		
			LSC 2	PM	IAC A FLR 40 кА, 1 сек		
			LSC 2	РМ (металлические)	IAC A FLR 40 кА, 1 сек		
	Воздушная изоляция	Расширяемая	LSC 2B	РМ (металлические)	IAC A FLR 40 кА, 1 сек		
						IAC A FLR 25 кА, 1 сек	
			LSC 2B	РМ (металлические)	IAC A FLR 50 кА, 1 сек		
			LSC 2B	РМ (металлические)	IAC A FLR 50 кА, 1 сек		
			LSC 2A	РМ (металлические)	IAC A FLR 25 кА, 1 сек		
			LSC 2B	РМ (металлические)	IAC A FLR 31.5 кА, 1 сек		
			LSC 1	PM	IAC A FL 16 кА, 1 сек		
Зторичный	Элегазовая изоляция	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	LSC 2	PM	IAC A FL 25 кA, 1 сек ** IAC A FLR 21 кA, 1 сек ***		
		Расширяемая	LSC 2	РМ (металлические)	IAC A FL 25 кА, 1 сек ** IAC A FLR 21 кА, 1 сек ***		
	Воздушная изоляция	Расширяемая	LSC 2	РМ (металлические)	IAC A FLR 21 kA, 1 s		

Таблица. 3.2-11: Обзор распределительных устройств среднего напряжения

Тип распред- устройства	Система сборных шин	Номинальное напряжение (кВ)	Номинальный то стойкости (кА) 1 сек	ок термической 3 сек	Номинальный ток, сборная шина (A)	Номинальный ток, фидер (А)
NXPLUS C	Одинарная	15 24.0	31.5 25	31.5 25	2 500 2 500	2 500 2 000
NXPLUS C	Двойная	24	25	25	2 500	1 250
NXPLUS C Wind	Одинарная	36	25	20	1 000	630/1 000
NXPLUS	Одинарная	40.5	31.5	31.5	2 500	2 500
NXPLUS	Двойная	36	31.5	31.5	2 500	2 500
8DA10	Одинарная	40,5	40	40	5 000	2 500
8DB10	Двойная	40,5	40	40	5 000	2 500
NXAIR	Одинарная	17.5	40	40	4 000	4 000
	Двойная	17.5	40	40	4 000	4 000
	Одинарная	24	25	25	2 500	2 500
	Двойная	24	25	25	2 500	2 500
NXAIR P	Одинарная	17.5	50	50	4 000	4 000
NXAIR P	Двойная	17.5	50	50	4 000	4 000
8BT1	Одинарная	24	25	25	2 000	2 000
8BT2	Одинарная	36	31.5	31.5	3 150	3 150
8BT3	Одинарная	36	16		1 250	1 250
8DJH Блочный тип	Одинарная	17.5 24	25 20	20 20	630 630	200 **** / 250 / 400 / 630 200 **** / 250 / 400 / 630
8DJH одинарный распределительный щит	Одинарная	17.5 24	25 20	20 20	630 630	200 **** / 250 / 400 / 630 200 **** / 250 / 400 / 630
SIMOSEC	Одинарная	17.5 24	25 20	21 20	1 250 1 250	1 250 1 250

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

NXAIR ≤ 17.5 κB

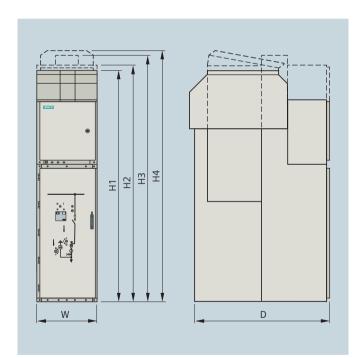


Рис. 3.2-5: NXAIR Распределительный щит

Номинальное				
Напряжение	кВ	7.2	12	17.5
Частота	Гц	50/60	50/60	50/60
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	20*	28*	38
Наибольшее выдерживаемое напряжение грозового импульса (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	60	75	95
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	40	40	40
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	40	40	40
Ток включения при коротком замыкании	макс. кА	100/104**	100/104**	100/104**
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	100/104**	100/104**	100/104**
Рабочий(нормальный) ток сборной шины	макс. А	4 000	4 000	4 000
Рабочий(нормальный) ток фидеров: Щита автоматического выключателя Щита контактора Щита разъединителя Шинный секционный разъединитель Щит подключения сборной шины	макс. А макс. А макс. А макс. А макс. А	400*** 4 000 4 000	4 000 400*** 4 000 4 000 4 000	4 000 - 4 000 4 000 4 000

- 32 кВ при 7.2 кВ и 42 кВ при 12 кВ опционально для исполнения по ГОСТ
- Значения для 50 Гц 110 кА; для 60 Гц 104 кА
- *** Значения токов зависят от плавкой вставки ВН. Выдерживаемое напряжение грозового импульса вдоль открытых контактов контактора: 40 кВ при 7.2 кВ, 60 кВ при 12 кВ

Таблица. 3.2-12: Технические данные NXAIR



Размеры				в мм
Ширина W		Щит автоматического выключателя 2,500 A / 3,150	<1000 A 1 250 A A / 4,000 A	600* 800 1 000
		Щит контактора	< 400 A	435
		Щит разъединителя 2,500 A / 3,150	1,250 A A / 4,000 A	800 1 000
		Шинный секционный разъединитель 2,500 A / 3,150	1,250 A A / 4,000 A	2 x 800 2 x 1,000
		Щит измерений		800
		Щит подключения сборной шины	< 4 000 A	800/1 000
Высота	H1	Со стандартным низковольтным отсеком, естественная вентиляция		2 300
Высота	H2	Со стандартным низковольтным отсеком и дополнительным отсеком для сборной и	ЛИНЫ	2 350
Высота	НЗ	С принудительной вентиляцией для 4000 /	A	2 450
Высота	Н4	С опционально встроенным поглотителем	дуги	2 500
Глубина	D	Одинарная система сборных шин, все типы щитов (за исключением щита контактора)	< 31.5 κA 40 κA	1 350 1 500
		Щит контактора	< 40 кА	1,400*/1,500
*< 31,5 кА				

Рис. 3.2-6: Размеры NXAIR

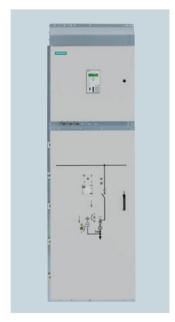
Особенности исполнения:

Распределительное устройство NXAIR с воздушной изоляцией с корпусом из плакированного листа является инновационным распределительным устройством, предназначенным для распределения энергии до 17 кВ, 40 кА, 4000 А.

- Конструкция соответствует МЭК 62271-200, плакирована, категория нарушения непрерывности электроснабжения при обслуживании: LSC 2B; класс перегородок: PM; Стойкость к внутренней дуге IAC A FLR 40 кA, 1 сек
- Надежная включающая и отключающая способность автоматических выключателей и высоконадежных заземлителей внутри щита.
- Изолирующая воздушная среда всегда доступна
- Одинарная система сборных шин, двойная система сборных шин (встречное задними фасадами или передними фасадами)
- Съемный вакуумный автоматический выключатель
- Съемный вакуумный контактор
- Общемировая концепция платформы; наличие местного производства
- Использование стандартизованных устройств
- Максимальная безопасность работы благодаря автономной логике управления
- Интервал обслуживания ≥ 10 лет

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

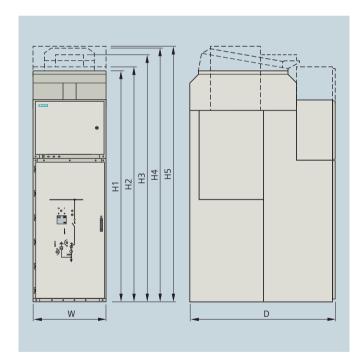
NXAIR ≤ 24 κB



Номинальное		
Напряжение	кВ	24
Частота	Гц	50/60
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	50*
Наибольшее выдерживаемое напряжение грозового импульса (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	125
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	25
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	25
Ток при включении на короткое замыкание	макс. кА	63/65**
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	63/65**
Рабочий(нормальный) ток сборной шины	макс. А	2 500
Рабочий(нормальный) ток фидеров: Щита автоматического выключателя Щита разъединителя Шинный секционный разъединитель	макс. А макс. А макс. А	2 500
* 65 кВ опционально для исполнения по ГОСТ ** значения для 50 Гц 63 кА; для 60 Гц 65 к	A	

Таблица. 3.2-13: Технические данные NXAIR, 24 кВ

Рис. 3.2-7: **NXAIR, 24 кВ щит**



Размеры				вмм
Ширина W		Щит автоматического выключателя	< 1,250 A 2,500 A	800 1 000
		Щит разъединителя	< 1,250 A 2,500 A	800 1 000
		Шинный секционный разъединитель 1 600 A / 2 00	1,250 A 00 A / 2 500 A	2 x 800 2 x 1,000
		Щит измерений		800
Высота	H1	Со стандартным низковольтным отсеког	М	2 510
Высота	H2	С высоким низковольтным отсеком		2 550
Высота	НЗ	С естественной вентиляцией		2 680
Высота	Н4	С опционально встроенным поглотителя	ем дуги	2 750
Высота	H5	С дополнительным отсеком для компон сборной шины	ентов	2 770
Глубина	D	Одинарная система сборных шин		1 600

Рис. 3.2-8: Размеры NXAIR, 24 кВ

Особенности исполнения:

Распределительное устройство NXAIR с воздушной изоляцией с корпусом из плакированного листа является дальнейшим развитием серии распределительных устройств NXAIR, и предназначено для распределения энергии до 24 кВ, 25 кА, 2500 А.

- Конструкция соответствует МЭК 62271-200, плакирована, категория нарушения непрерывности электроснабжения при обслуживании: LSC 2B; Класс перегородок: PM; Стойкость к внутренней дуге IAC A FLR 25 кA, 1 сек
- Надежная включающая и отключающая способность автоматических выключателей и высоконадежных заземлителей внутри щита.
- Одинарная система сборных шин, двойная система сборных шин (встречное задними фасадами или передними фасадами)
- Изолирующая воздушная среда всегда доступна
- Съемный вакуумный автоматический выключатель
- Общемировая концепция платформы; наличие местного производства
- Использование стандартизованных устройств
- Максимальная безопасность работы благодаря автономной логике управления
- Интервал обслуживания ≥ 10 лет

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

NXAIR P

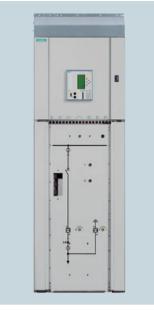
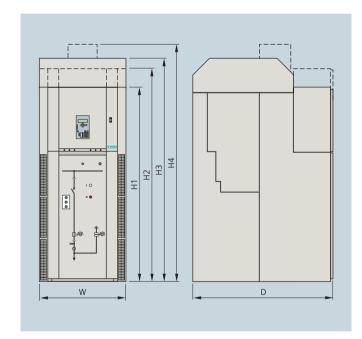


Рис. 3.2-9: **NXAIR Р щит**

Номинальное				
Напряжение	кВ	7.2	12	17.5
Частота	Гц	50 / 60	50 / 60	50 / 60
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	20*	28*	38
Наибольшее выдерживаемое напряжение грозового импульса (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	60	75	95
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	50	50	50
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	50	50	50
Ток включения при коротком замыкании	макс. кА	125/130**	125/130**	125/130**
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	125/130**	125/130**	125/130**
Рабочий(нормальный) ток сборной шины	макс. А	4 000	4 000	4 000
Рабочий(нормальный) ток фидеров: Щит автоматического выключателя Щит контактора Щита разъединителя Шинный секционный разъединитель	макс. А	4 000 400*** 4 000 4 000	4 000 400*** 4 000 4 000	4 000 - 4 000 4 000

- * 32 кВ при 7.2 кВ и 42 кВ при 12 кВ опционально для исполнения по ГОСТ
- ** Значения для 50 Гц 125 кА; для 60 Гц 130 кА, высоконадежный заземляющий разъединитель на 17.5 кВ до 100 кА
- *** Зависит от номинального тока используемой плавкой вставки ВН высокой отключающей способности; диэлектрической прочности щита контактора: 20 кВ кратковременное напряжение промышленной частоты фаза-фаза, фаза-земля, открытый промежуток между контактами, или 60 кВ грозовой импульс фаза-фаза, фаза-земля, 40 кВ открытый промежуток между контактами

Таблица. 3.2-14: **Технические данные NXAIR P**



Размеры				в мм
Ширина V		Щит автоматического выключателя	< 2 000 A > 2 000 A	800 1 000
		Щит контактора	< 400 A	400
		Щит разъединителя	< 2 000 A > 2 000 A	800 1 000
		Шинный секционный разъединитель	< 2 000 A > 2 000 A	
		Щит измерений		800
Высота	Н1	Со стандартным низковольтным отсеком	(<3150 A)	2 225
Высота	H2	С высоким низковольтным отсеком		2 485
Высота	НЗ	С каналом сброса давления на верху, как	стандарт	2 550
Высота	Н4	С принудительной вентиляцией (4000 А)		2 710
Глубина	D	Одинарная сборная шина (исключая щит контакторов)		1 635
		Щит контактора		1 650
		Двойная сборная шина в компоновке встриними фасадами(за исключением щита кон		3 320

Рис. 3.2-10: Размеры NXAIR, 24 Р

Особенности исполнения:

Распределительное устройство NXAIR P с воздушной изоляцией с корпусом из плакированного листа основана на принципах распределительных устройств NXAIR и спроектировано для распределения энергии до17.5 kV, 50 kA, 4,000 A.

- Конструкция соответствует МЭК 62271-200, плакирована, категория нарушения непрерывности электроснабжения при обслуживании: LSC 2B; Класс перегородок: PM; Стойкость к внутренней дуге IAC A FLR 50 кA, 1 сек
- Изолирующая воздушная среда всегда доступна
- Одинарная система сборных шин, двойная система сборных шин (встречное задними фасадами или передними фасадами)
- Надежная включающая и отключающая способность автоматических выключателей и высоконадежных заземлителей внутрищита.
- Съемный вакуумный автоматический выключатель
- Съемный вакуумный контактор
- Максимальная надежность благодаря модульной конструкции
- Максимальная безопасность работы благодаря автономной логике управления
- Интервал обслуживания ≥ 10 лет

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

8BT1



Рис. 3.2-13: **8ВТ1** щит

Особенности исполнения: Распределительное устройство 8ВТ1 с воздушной изоляцией блочного типа, собранное на заводе, сертифицированная конструкция, для применений внутри помещений с пониженными номинальными мощностями в системах распределения энергии до 24 кВ, 25 кА, 2 000 A.

- Сертифицированная конструкция, МЭК 62271200, блочного типа, категория нарушения непрерывности электроснабжения при обслуживании: LSC 2A; класс перегородок: РМ; Стойкость к внутренней дуге IAC A FLR ≤ 25 кА 1 с
- Изолирующая воздушная среда
- всегда доступна
- Надежная включающая и отключающая способность автоматических выключателей и высоконадежных заземлителей внутри щита.
- Одинарная система сборных шин
- Съемный вакуумный автоматический выключатель
- Все коммутационные операции с закрытыми дверьми

Номинальное			
Напряжение	кВ	12	24
Частота	Гц	50	50
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	28	50
Наибольшее выдерживаемое напряжение грозового импульса (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	75	125
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	25	25
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	25	25
Ток при включении на короткое замыкание	макс. кА	63	63
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	63	63
Рабочий(нормальный) ток сборной шины	макс. А	2 000	2 000
Рабочий(нормальный) ток фидеров: С автоматическими выключателями С переключателем-разъединителем С выключателем-разъединителем и плавкими вставками	макс. А макс. А макс. А	630	2 000 630 200 A*
* Зависит от номинального тока используемой плавкой вставки ВН вы	ысокой отключающей	способности.	

Таблица. 3.2-16: Технические данные 8ВТ1

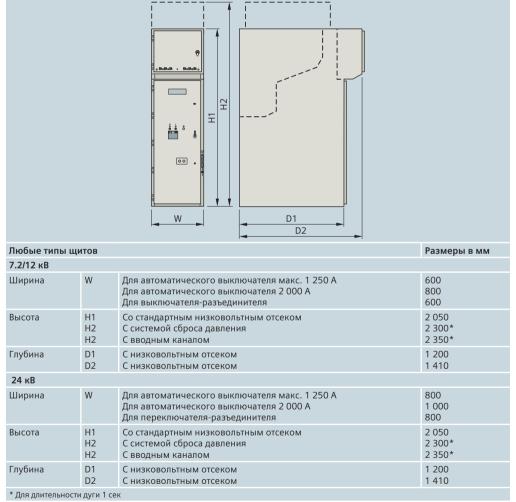


Рис. 3.2-14: Размеры 8BT1

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

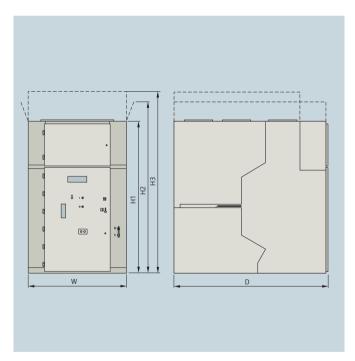
8BT2



Номинальное		
Напряжение	кВ	36
Частота	Гц	50/60
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	70
Наибольшее выдерживаемое напряжение грозового импульса (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	170
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	31.5
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	31.5
Ток при включении на короткое замыкание	макс. кА	80/82*
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	80/82*
Рабочий(нормальный) ток сборной шины	макс. А	3 150
Рабочий(нормальный) ток фидеров с автоматическим выключателем	макс. А	3 150
* Значения для 50 Гц 80 кА; для 60 Гц 82 кА		

Таблица. 3.2-17: Технические данные 8ВТ2

Рис. 3.2-15: Распределительное устройство 8ВТ2



Размеры			вмм	
Ширина	W	< 3,150 А ток фидера	1 200	
Высота	H1	Средний щит	2 400	
Высота	H2	Краевые щиты с боковыми дефлекторами	2 750 / 2 775*	
Высота	НЗ	Щит с закрытым кабельным каналом	2 900**	
Глубина	D	Настенный монтаж, IAC A FL Свободно стоящая компоновка IAC A FLR	2 450 2 700	
* Н2 с боковыми дефлекторами для защиты от внутренней дуги ** Закрытый канал для дугостойкости IAC A FLR				

Рис. 3.2-16: **Размеры 8ВТ2**

Особенности исполнения:

Распределительное устройство 8ВТ2 с воздушной изоляцией и корпусом из плакированного листа, собранное на заводе, с сертифицированной конструкцией для применений в системах распределения энергии до 36 кВ, 31.5 кА, 3 150 А.

- Сертифицированная конструкция, МЭК 62271-200,из плакированного листа, категория нарушения непрерывности электроснабжения при обслуживании: LSC 2B; класс перегородок: PM; Стойкость к внутренней дуге IAC A FLR 31.5 кA, 1 сек
- Изолирующая воздушная среда всегда доступна
- Надежная включающая и отключающая способность автоматических выключателей и высоконадежных заземлителей внутри щита.
- Одинарная система сборных шин
- Съемный вакуумный автоматический выключатель
- Все коммутационные операции с закрытыми дверьми

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

8BT3



Рис. 3.2-17: Распределительное устройство 8ВТЗ

Особенности исполнения: Распределительное устройство 8ВТЗ с воздушной изоляцией блочного типа, собранное на заводе, с сертифицированной конструкцией для применений внутри помещений с пониженными номинальными мощностями в системах распределения энергии до 36 кВ, 16 кА, 1 250 A.

- Сертифицированная конструкция, МЭК 62271200, блочного типа, категория нарушения непрерывности электроснабжения при обслуживании: LSC 1;; Стойкость к внутренней дуге ІАС A FL ≤ 16 кА 1 сек
- Изолирующая воздушная среда всегда доступна
- Высоконадежный заземлитель
- Одинарная система сборных шин
- Съемный вакуумный автоматический выключатель
- Все коммутационные операции с закрытыми дверьми

Номинальное		
Напряжение	κR	36
Частота		50/60
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты (фаза-фаза, фаза-земля)		70
Наибольшее выдерживаемое напряжение грозового импульса (фаза-фаза, фаза-земля)	кВ	170
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	16
Ток термической стойкости, 1 сек	макс. кА	16
Ток при включении на короткое замыкание	макс. кА	40/42*
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	40/42*
Рабочий (нормальный) ток сборной шины	макс. А	1 250
Рабочий(нормальный) ток фидеров: С автоматическими выключателями С переключателем-разъединителем С выключателем-разъединителем и плавкими вставками	макс. А макс. А макс. А	630
* Значения для 50 Гц 40 кА; для 60 Гц 42 кА. * Зависит от номинального тока используемой плавкой вставки ВН высокой отключающе	ей способности.	

Таблица. 3.2-18: Технические данные 8ВТЗ

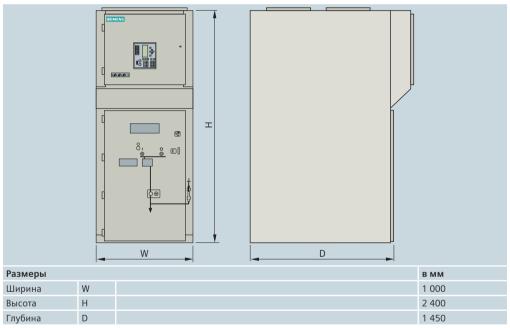


Рис. 3.2-18: **Размеры 8ВТ3**

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

8DA/8DB



Рис. 3.2-19: Распредустройство 8DA для применения с одинарной системы сборных шин (слева), 8DB для применения с двойной системой сборных шин(справа)

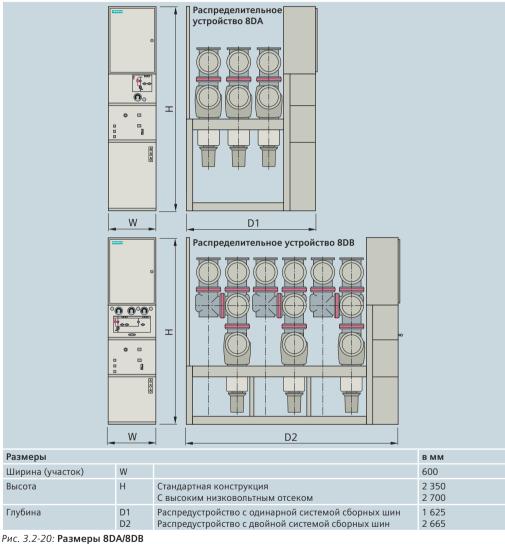
8DA/8DB представляют собой элегазовые с автоматическими выключателями распределительные устройства среднего напряжения до 40.5 кВ с преимуществами технологии вакуумных выключателей - для высокой степени независимости от окружающей среды во всех исполнениях. 8DA/8DB подходят для первичных систем распределения до 40.5 кВ, 40 кА, до 5 000 А.

Особенности исполнения:

- Сертифицированная конструкция в соответствии с IEC 62271-200
- Стандартизованные корпуса, изготовленные из стойкого к коррозии алюминиевого сплава.
- Безопасный для прикосновений корпус со стандартными подключениями для втычных кабельных адаптеров.
- Исполнительные механизмы и измерительные трансформаторы легко доступны за пределами корпуса.
- Металлический корпус, класс перегородок РМ
- Нарушение непрерывности электроснабжения при обслуживании LSC 2
- Стойкость к внутренней дуге: IAC A FLR 40 KA, 1 Cek

Номинальное					
Напряжение	кВ	12	24	36	40,5
Частота	Гц	50/60	50/60	50/60	50/60
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	кВ	28	50	70	85
Выдерживаемое напряжение грозового импульса	кВ	75	125	170	185
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	40	40	40	40
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	40	40	40	40
Ток при включении на короткое замыкание	макс. кА	100	100	100	100
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	100	100	100	100
Рабочий(нормальный) ток сборной шины	макс. А	5 000	5 000	5 000	5 000
Рабочий(нормальный) ток фидеров:	макс. А	2 500	2 500	2 500	2 500

Таблица. 3.2-19: **Технические данные 8DA/8DB**



Преимущества

- Независимость от окружающих условий и климата
- Компактность
- Нет необходимости в техническом обслуживании
- Безопасность для персонала
- Эксплуатационная надежность
- Совместимость с окружающей средой
- Экономически эффективное решение

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

8DJH



Рис. 3.2-21: **8DJH Блочный тип**

Элегазовое распредустройство среднего напряжения типа 8DJH используется для вторичных распределительных систем до 24 кВ. Фидеры кольцевой кабельной сети, фидеры с автоматическим вакуумным выключателем, фидеры для питания трансформаторов представляют собой части всеобъемлющей номенклатуры продукции для удовлетворения всех требований высокой эксплуатационной надежности, в т.ч. для экстремальных окружающих условий.

Особенности исполнения:

- Сертифицированная конструкция в соответствии с МЭК 62271-200
- Герметичная система, заполненная элегазом (SF6) на весь срок службы.
- Безопасный для прикосновения корпус со стандартными подключениями для втычных кабельных адаптеров.
- Трехполюсное распредустройство, с элегазовой изоляцией для коммутационных устройств и сборных шин.
- Доступны как блочные, так и одинарные щиты.
- Коммутационные устройства: трехпозиционный выключатель нагрузки (ВКЛ-ОТ-КЛ-ЗЕМЛЯ), комбинация выключателя с предохранителем с плавкой вставкой для защиты распределительного трансформатора, вакуумный автоматический выключатель, заземляющий разъединитель
- Функция заземления у коммутационных устройств, в основном, защищена от включения.

Номинальное							
Напряжение	кВ	7,2	12	15	17,5	24	
Частота		Гц	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Кратковременное напряжение промышленной часто	оты	кВ	20	28*	36	38	50
Выдерживаемое							
Выдерживаемое напряжение грозового импульса		кВ	60	75	95	95	125
Рабочий (нормальный) ток фидеров кольцевой кабельной сети		А	400 или	630			
Рабочий (нормальный) ток сборной шины		макс. А	630				
Рабочий (нормальный) ток фидеров с автоматическими выключателями:	А	250 или	630				
Рабочий (нормальный) ток фидеров для питания трансформаторов:	А	200**					
Ток термической стойкости, 1 сек		макс. кА	25	25	25	25	20
Ток термической стойкости, 3 сек		макс. кА	20	20	20	20	20
Номинальное пиковое значение сквозного тока	_	макс. кА	63	63	63	63	50
Ток при включении на короткое замыкание	50 Гц						
фидеры кольцевой магистрали	ц	макс. кА	63	63	63	63	50
фидеры с автоматическими выключателями		макс. кА	63	63	63	63	50
фидеры для питания трансформаторов		макс. кА	63	63	63	63	50
Ток термической стойкости, 1 сек		макс. кА	21	21	21	21	20
Ток термической стойкости, 3 сек		макс. кА	21	21	21	21	20
Номинальное пиковое значение сквозного тока		макс. кА	55	55	55	55	52
Ток при включении на короткое замыкание	η О9						
фидеры кольцевой магистрали	0	макс. кА	55	55	55	55	52
фидеры с автоматическими выключателями	ыключателями		55	55	55	55	52
фидеры для питания трансформаторов		макс. кА	55	55	55	55	52
* 42 кВ в соответствии с некоторыми национальными стандартами ** Зависит от типа плавкой вставки ВН высокой отключающей способности							

Таблица. 3.2-20: Технические данные 8DJH

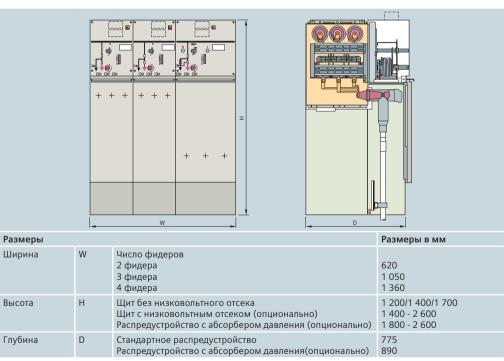


Рис. 3.2-22: Размеры 8DJH блочного типа

8DJH

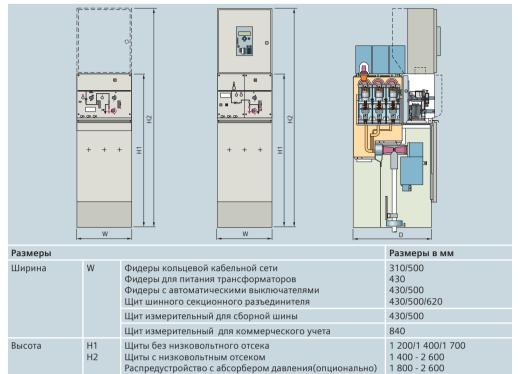


Рис. 3.2-23: 8DJН модульный тип

- Металлический корпус, класс перегородок РМ
- Нарушение непрерывности электроснабжения при обслуживании LSC 2
- Стойкость к внутренней дуге(опционально):
 - IAC A FL 21 кА, 1 сек
- IAC A FLR 21 кA, 1 сек

Преимущества

- Отсутствие работ с элегазом при монтаже
- Компактность
- Независимость от окружающих условий и климата
- Нет необходимости в техническом обслуживании
- Высокая безопасность эксплуатации и персонала
- Система блокировки распредустройства с логическим замковым устройством
- Эксплуатационная надежность и безопасность инве-
- Совместимость с окружающей средой
- Экономическая эффективность



Распредустройство с абсорбером давления (опционально)

775

890

Рис. 3.2-24: Размеры 8DJH, модульный тип

Стандартное распредустройство

D

Типичные применения:

Глубина

Распредустройство 8DJH используется для распределения энергии на вторичном уровне распределения:

- Системы распределения общественного электроснаб-
 - Трансформаторные подстанции
 - Абонентские трансформаторные подстанции
 - Высотные здания
- Объекты инфраструктуры
 - Аэропорты и порты
 - Железные дороги и подземные станции метро

Вода и очистка сточных вод

- Промышленные предприятия
 - Автомобильная промышленность
 - Химическая промышленность
 - Карьеры
- Производство энергии из возобновляемых источников
 - Ветряные электростанции
 - Солнечные электростанции
 - Электростанции на биотопливе

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

NXPLUS



Рис. 3.2-25: Распредустройство NXPLUS для применения с одинарной системой сборных шин (слева), NXPLUS для применения с двойной системой сборных шин(справа)

NXPLUS представляют элегазовые с автоматическими выключателями распределительные устройства среднего напряжения до 40.5 кВ с преимуществами технологии вакуумных выключателей - для высокой степени независимости от окружающей среды во всех исполнениях. NXPLUS может использоваться в первичных распределительных системах до 40.5 кВ, 31.5 кА, 2 000 А (для двойной системы сборных шин до 2 500 А)

Особенности исполнения:

- Сертифицированная конструкция в соответствии с МЭК 62271-200
- Герметичная система, заполненная элегазом (SF6) на весь срок службы.
- Безопасный для прикосновения корпус со стандартными подключениями для втычных кабельных адаптеров.
- Разделенные 3-х полюсные элегазовые резервуары для сборной шины с трехпозиционным разъединителем и для автоматического вакуумного выключателя
- Соединение резервуаров осуществляется с помощью однополюсных изолированных экранированных соединений
- Исполнительные механизмы и трансформаторы расположены снаружи резервуаров распределительного устройства и легкодоступны

Номинальное					
Напряжение	кВ	12	24	36	40,5
Частота	Гц	50/60	50/60	50/60	50/60
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	кВ	28	50	70	85
Выдерживаемое напряжение грозового импульса	кВ	75	125	170	185
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	31,5	31,5	31,5	31,5
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	31,5	31,5	31,5	31,5
Ток при включении на короткое замыкание	макс. кА	80	80	80	80
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	80	80	80	80
Рабочий (нормальный) ток сборной шины	макс. А	2 500	2 500	2 500	2 000
Рабочий(нормальный) ток фидеров:	макс. А	2 500	2 500	2 500	2 000

Таблица. 3.2-22: Технические данные NXPLUS

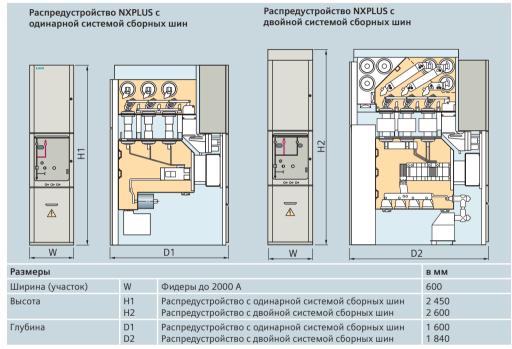


Рис. 3.2-26: Размеры NXPLUS

- Металлический корпус, класс перегородок РМ
- Нарушение непрерывности электроснабжения при обслуживании LSC 2
- Стойкость к внутренней дуге: IAC A FLR 31.5 KA, 1 c
- Отсутствие работ с элегазомпри монтаже

- Независимость от окружающих условий и климата
- Компактность
- Нет необходимости в техническом обслуживании
- Безопасность для персонала
- Эксплуатационная надежность
- Совместимость с окружающей средой
- Экономическая эффективность

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

NXPLUS C



Рис. 3.2-27: **NXPLUS C щит**

Компактное NXPLUS C представляет распредустройство среднего напряжения с автоматическим выключателем, которое сделало элегазовую изоляцию с испытанной технологией вакуумных выключателей экономичной в своем классе. NXPLUS C используется для первичных и вторичных систем распределения до 24 кВ, 31.5 кА и до 2000 А. Также может поставляться как распредустройство с двойной системой сборной шины с компоновкой задними фасадами друг другу (см. каталог НА35.41)

Особенности исполнения:

- Сертифицированная конструкция в соответствии с МЭК 62271-200
- Герметичная система, заполненная элегазом (SF6) на весь срок службы.
- Безопасный для прикосновения корпус со стандартными подключениями для втычных кабельных адаптеров.
- Нарушение непрерывности электроснабжения при обслуживании
 - Без плавких вставок ВН высокой отключающей способности LSC 2
- 1-полюсная изолированная и экранированная сборная
- 3-х полюсное распредустройство с элегазовой изоляцией для коммутационных устройств и сборных шин.
- Исполнительный механизм и трансформаторы расположены снаружи резервуара распредустройства и легодоступны
- Металлический корпус, класс перегородок РМ

Номинальное							
Напряжение	кВ	7,2	12	15	17,5	24	
Частота	Гц	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	кВ	20	28*	36	38	50	
Выдерживаемое напряжение грозового импульса	кВ	60	75	95	95	125	
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	31,5	31,5	31,5	25	25	
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	31,5	31,5	31,5	25	25	
Ток при включении на короткое замыкание	макс. кА	80	80	80	63	63	
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	80	80	80	63	63	
Рабочий (нормальный) ток сборной шины	макс. А	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	
Рабочий(нормальный) ток фидеров:	макс. А	2 500	2 500	2 500	2 000	2 000	
* 42 кВ в соответствии с некоторыми национальными стандартами							

Таблица. 3.2-23: **Технические данные NXPLUS C**

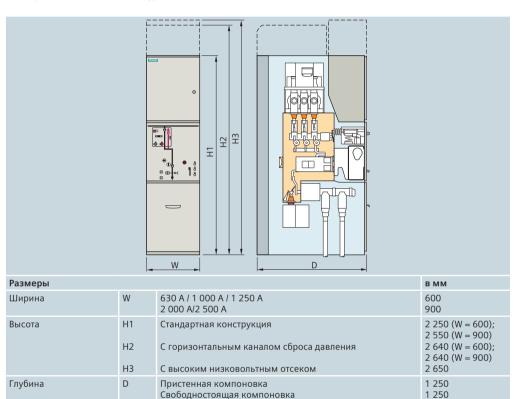


Рис. 3.2-28: Размеры NXPLUS C

- С горизонтальным каналом сброса давления
- Увеличенное число циклов коммутаций (до 12 кВ, до 31.5 кВ, до 1250 А)
 - функция ОТКЛЮЧИТЬ 5 000 ×, 10 000 ×
 - функция ЗАЗЕМЛИТЬ 5 000 ×, 10 000 ×
 - функция АВТОМАТИЧЕ-СКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ 30 000 ×
- Одобрения типа LR, DNV, GL, ABS, RMR
- Стойкость к внутренней дуге
 - Пристенная компоновка» IAC A FL 31.5 кА, 1 сек
 - Свободностоящая компоновка: IAC A FLR 31.5 кА, 1 s

- Отсутствие работ с элегазом при монтаже
- Компактность

- Независимость от окружающих условий и климата
- Нет необходимости в техническом обслуживании
- Безопасность для персонала
- Эксплуатационная надеж-
- Совместимость с окружаюшей средой
- Экономическая эффективность

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

NXPLUS C Wind



Рис. 3.2-29: NXPLUS C Wind

Компактное распределительное устройство среднего напряжения NXPLUS C специально спроектировано для ветряных турбин. Благодаря малым размерам они вписываться с ветряные турбины, где ограничено доступное пространство. NXPLUS C Wind доступны для 36 кВ, до 25 кА и токов сборной шины до 1000 А. NXPLUS C предоставляют щиты автоматического выключателя, разъединителя и выключателя-разъединителя(кольцевая магистраль).

Особенности исполнения:

- Сертифицированная конструкция в соответствии с МЭК 62271-200
- Герметичная система, заполненная элегазом (SF6) на весь срок службы.
- Безопасный для прикосновения корпус со стандартными подключениями для втычных кабельных адаптеров.
- Однополосная изолированная и экранированная сборная шина
- 3-х полюсное распредустройство, с элегазовой изоляцией для коммутационных устройств и сборных шин.
- Исполнительный механизм и трансформаторы расположены снаружи резервуара распредустройства и легкодоступны
- Металлический корпус, класс

Номинальное		
Напряжение	кВ	36
Частота	Гц	50/60
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	кВ	70
Выдерживаемое напряжение грозового импульса	кВ	170
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	25
Ток термической стойкости, 1 сек	макс. кА	25
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	20
Ток при включении на короткое замыкание	макс. кА	63
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	63
Рабочий(нормальный) ток сборной шины	макс. А	1 000
Рабочий (нормальный) ток шкафа автоматического выключателя	макс. А	630
Рабочий(нормальный) ток шкафа разъединителя	макс. А	1 000

Таблица. 3.2-24: Технические данные NXPLUS C Wind

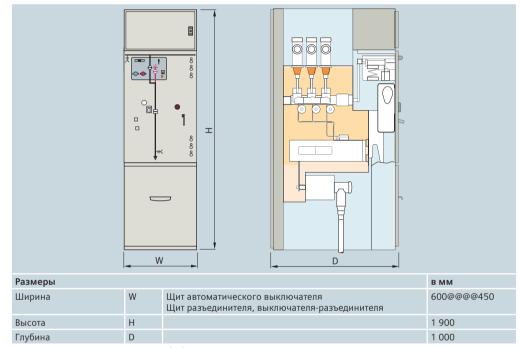


Рис. 3.2-30: Размеры NXPLUS C Wind

перегородок РМ

- Нарушение непрерывности электроснабжения при обслуживании LSC 2B
- Стойкость к внутренней дуге
 - Пристенная компоновка IAC A FLR 25 кA, 1 сек
 - Свободностоящая компоновка IAC A FLR 25 кA, 1 сек

- Отсутствие работ с элегазом при монтаже
- Компактность
- Независимость от окружающих условий и климата
- Нет необходимости в техническом обслуживании
- Безопасность для персонала
- Эксплуатационная надежность
- Совместимость с окружающей средой
- Экономическая эффективность

SIMOSEC



Рис. 3.2-31: Распределительное устройство SIMOSEC

Распредустройство с элегазовой изоляцией среднего напряжения типа SIMOSEC используется для первичного и вторичного уровня распределения энергии до 24 кВ и токами 1250 А. Модульный спектр продукции включает индивидуальные щиты для организации кольцевой кабельной сети. трансформаторные щиты и щиты автоматических выключателей, щиты для измерений, для полного удовлетворения всех требований энергоснабжения компаний и промышленных применений.

Особенности исполнения:

- Сертифицированная конструкция в соответствии с IEC 62271-200
- Фазы для сборных шин и кабельных подключений встроены одна за другой.
- Трехполюсное распредустройство с трехпозиционным разъединителем, автоматическим вакуумным выключателем и заземляющим разъединителем с герметичной элегазовой (SF6) системой, заполненной на весь срок службы.
- Система сборных шин с воздушной изоляцией
- Система подключения кабелей с воздушной изоляцией для обычной концевой разделки кабеля.
- Металлический корпус, класс перегородок РМ
- Нарушение непрерывности электроснабжения при обслуживании LSC 2

Номинальное							
Напряжение		7.2 кВ	12 кВ	15 кВ, по треб. за- казчика	17.5 кВ	24 кВ	
Частота	Гц	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	кВ	20	28*	36	38	50	
Выдерживаемое напряжение грозового импульса	кВ	60	75	95	95	125	
Ток отключения при коротком замыкании	макс. кА	25	25	25	25	20	
Ток термической стойкости, 1 сек	макс. кА	25	25	25	25	20	
Ток термической стойкости, 3 сек	макс. кА	-	21	21	21	20	
Ток при включении на короткое замыкание	макс. кА	25	25	25	25	20	
Номинальное пиковое значение сквозного тока	макс. кА	63	63	63	63	50	
Рабочий(нормальный) ток сборной шины	А	630 или 1 250					
Рабочий(нормальный) ток фидеров:	макс. А	1 250	1 250	1 250	1 250	1 250	
* 42 кВ/75 кВ в соответствии с некоторыми национальными стандартами							

Таблица. 3.2-25: Технические данные SIMOSEC

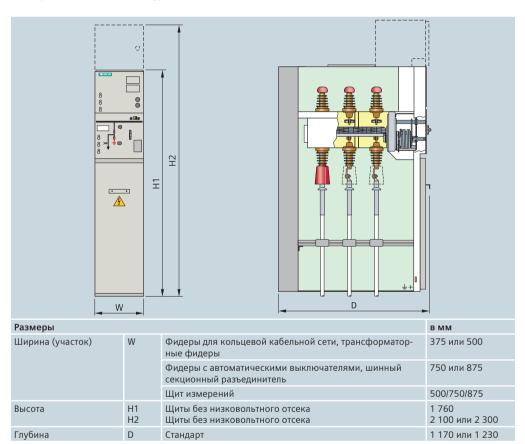


Рис. 3.2-32: Размеры SIMOSEC

- Стойкость к внутренней дуге
 - Пристенная компоновка IAC A FL 21 KA, 1 s
 - Свободностоящая компоновка IAC A FLR 21 кA, 1 s
- Может монтироваться или совместно бок о бок, или распределено по желанию.

- Компактная модульная конструкция
- Высокая безопасность эксплуатации и персонала
- Совместимость с окружающей средой
- Экономическая эффективность

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

3.2.5 Распредустройства для генераторов и больших токов.

Как центральный компонент, распредустройство для генератора и больших токов обеспечивает связь между генератором и трансформатором (при подаче в передающую и распределительные сети). Siemens предлагает различные типы генераторных распредустройств с номинальными напряжениями до 17.5 кВ и номинальными токами до 10 000 А, номинальными токами короткого замыкания до 72 кА для установки как снаружи так и внутри помещений.

Сердце генераторного распредустройства- автоматический выключатель. Его основная задача выдерживать очень большие токи и отключать экстремально высокие токи коротких замыканий. Генераторные автоматические выключатели Siemens, спроектированные с применением дружественной к окружающей среде вакуумной технологии, со способностью выдерживать максимальные рабочие токи и удовлетворять требованиям стандарта к генераторным автоматическим выключателям IEEE C37.013-1997.



Рис. 3.2-33: **HIGS**

Особенности исполнения:

- Высокая механическая стойкость
- Низкая пожарная нагрузка (количество теплоты, отнесенное к единице поверхности пола, которое может выделиться в помещении или здании при пожаре)
- Высокая эксплуатационная безопасность

HIGS (Генераторное устройство высокой степени интеграции) HIGS представляет распредустройство с воздушной изоляцией в металлическом корпусе для напряжений и токов до 13.8 кВ, 63 кА, 3150 А для установки как внутри, так и снаружи помещений. Впервые в одном распредустройстве интегрирована система переключения нагрузки между фазами генератора, а также вспомогательный фидер (рис. 3.2-33).

Особенности исполнения:

- Автоматический выключатель генератора в соответствии с IEEE C37.013 в основном трансформаторном фидере
- Заземляющий разъединитель на стороне генератора и трансформатора
- Трансформаторы тока и напряжения
- Разрядники для защиты от перенапряжений:
- Конденсаторы для защиты от перенапряжений
- Интегрированный вспомогательный фидер с разъединителем и генераторный автоматический выключатель или выключатель-разъединитель и плавкие вставки.

Технические данные HIGS и генераторного распредустройства показаны в таблице 3.2-26.

Тип		HIGS	8BK40	HB1	HB1 Наружное исполнение	HB3
Установка		IR, FL	IR	IR	FL	IR, FL
Размеры L x W x H (длина x ширина x высота)	ММ	3 430 x 1 200 x 2 500	2 300 x 1 100 x 2 500	4 000 x 1 900 x 2 500*	6 300 x 1 900 x 2 600*	2 900 x 4 040 x 2 400*
Номинальное напряжение:	кВ	13.8	макс. 17.5	17.5	17.5	17.5
Номинальное выдерживаемое напряжение грозового импульса (кВ)	кВ	110	95	110	110	110
Кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	кВ	50	38	50	50	50
Номинальный ток отключения:	кА	31.5 - 63	50/63	50/63/72	50/63/72	50/63/72
Номинальные рабочие токи:	Α	2 000 - 3 150		макс. 6100	макс. 5 400	макс. 10 000
сборной шины			5 000			
фидера			5 000			
* Размеры могут отличаться в зависимости от типа						

Таблица. 3.2-26: Технические данные HIGS и генераторного распредустройства

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

8BK40

8ВК40 представляет генераторное распредустройство с воздушной изоляцией в металлическом корпусе с автоматическим вакуумным выключателем на выкатной тележке для установки внутри помещений до 17.5 кВ; 63 кА; 5 000 А (рис. 3.2-34)

Особенности исполнения:

- Генераторный автоматический выключатель в соответствии с IEEE C37.013 или в соответствии с МЭК 62271-100
- Функция разъединителя посредством выкатывания автоматического выключателя
- Заземляющий разъединитель на стороне генератора и трансформатора
- Трансформаторы тока и напряжения
- Разрядники для защиты от перенапряжений:
- Конденсаторы для защиты от перенапряжений

HB1, HB1 наружного исполнения и HB3

Это распредустройство с воздушной изоляцией, в металлическом корпусе с горизонтальной сборной шиной, не разделенное по фазам (НВ1, НВ1 наружного исполнения, рис. 3.2-35, рис. 3.2-36) или с разделенными фазами (НВЗ, рис. 3.2-37).

Особенности исполнения:

- Генераторный автоматический выключатель в соответствии с IEEE C37.013
- Разъединитель
- Заземляющий разъединитель на стороне генератора и трансформатора
- Трансформаторы тока и напряжения
- Разрядники для защиты от перенапряжений:
- Конденсаторы для защиты от перенапряжений
- Дополнительные опции
 - Интегрированный статический стартер генератора
 - Интегрированный вспомогательный фидер с разъединителем и генераторный автоматический выключатель или выключатель-разъединитель и плавкие вставки.
 - Интегрированный фидер возбуждения
 - Тормозной выключатель



Рис. 3.2-34: 8ВК40



Рис. 3.2-35: НВ1



Рис. 3.2-36: НВ1 Наружное исполнение



Рис. 3.2-37: НВЗ

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

3.2.6 Подстанции для промышленных энергоузлов

Введение

Промышленные системы электроснабжения предусматривают максимальный уровень защиты для персонала, эксплуатационную надежность, экономическую эффективность и гибкость. Они также требуют комплексного подхода, который включает «пред» и «после» продажный клиентский сервис, который может удовлетворить всем требованиям, и, прежде всего, нацелен на конкретную ситуацию. Вместе с SITRABLOC®(рис. 3.2-38) такой подход может быть легко реализован.

Общее

SITRABLOC - это акроним для Slemens ТРАнсформаторный БЛОКового типа. SITRABLOC питается энергией от подстанции среднего напряжения через комбинации: плавкая вставка - выключатель-разъединитель и радиальный кабель. В энергоузле, где SITRABLOC установлен, несколько SITRABLOC`ов соединены вместе с помощью кабелей или шин (рис. 3.2-39).

Особенности

- Благодаря комбинации: плавкая вставка выключатель-разъединитель, ток короткого замыкания ограничен, что означает, что радиальный кабель может выбираться в соответствии с типоразмером трансформатора.
- В случае аварии кабеля сбой происходит только одного SITRABLOC.
- Устойчивость к короткому замыканию увеличивается за счет соединения нескольких станций в энергоузле. Эффект от этого заключается в том, что в случае аварии, мощные нагрузки селективно отключаются на очень короткое расстояние.
- Потери при передаче оптимизированы за счет того, что требуются короткие подключения к нагрузке.
- SITRABLOC имеет, в принципе, два трансформаторных выхода:
- 1250 кВА в режиме естественной вентиляции (температура окружающего воздуха до 40 °C)
- 1750 кВА в режиме принудительной вентиляции (140% с принудительным охлаждением)

Эти особенности гарантируют, что в случае сбоя одной станции, неважно по какой причине, энергоснабжение нагрузки поддерживается без прерываний.

Компоненты SITRABLOC:

- Трансформаторный шкаф с вентилятором на крыше для режима работы с принудительным охлаждением
- GEAFOL трансформатор
- (С литой эпоксидной изоляцией) с высоконадежным заземляющим разъединителем
- Режим с естественной изоляцией 100% нагрузки с температурой окружающего воздуха до 40 $^{\circ}\text{C}$
- Режим работы с принудительной вентиляцией: 140 % нагрузки
- Низковольтный автоматический выключатель на каждый трансформатор
- Оборудование для автоматической коррекции коэффициента мощности (настроенное/расстроенное)
- Щит измерения и управления, а также центральный пульт мониторинга
- Универсальное подключение к распределительной системе шинопроводов низкого напряжения (рис. 3.2-40)

В любой промышленности - автомобильной и пищевой, изостудия или разливающие лини, размещение SITRABLOC для работы в правильном месте значительно снижает потери при передаче. Энергия преобразуется на производственной площади как можно ближе к нагрузке. Для установки данной системы не требуется ни специальных строений, ни противопожарных мер.

Доступны с любым уровнем мощности

SITRABLOC может оснащаться любым уровнем выходной мощности, которая управляется и защищается с помощью плавких вставок/выключателя-разъединителя.

Система сборных шин большого тока, в которую может подаваться мощность от четырех трансформаторов, гарантирует, что даже мощные нагрузки могут питаться без потерь энергии. За счет взаимосвязанных модулей также гарантируется, что мощные нагрузки отключаются селективно в случае аварии.



Рис. 3.2-38: система SITRABLOC

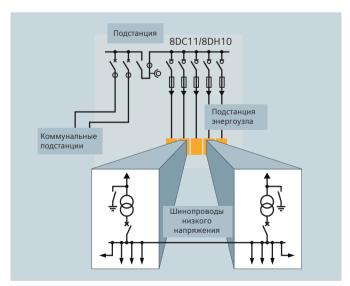


Рис. 3.2-39: Пример принципиальной схемы

3.2 Распределительные устройства среднего напряжения

Интегрированная автоматическая коррекция коэффициента мощности

В системах SITRABLOC коррекция коэффициента мощности интегрирована еще с самого начала. Неизбежные потери энергии, например, из-за намагничивания в случае моторов и трансформаторов, уравновешиваются силовыми конденсаторами непосредственно в низковольтной сети. За счет этого увеличивается уровень передаваемой активной мощности, и стоимость энергии снижается (рис. 3.2-41).

Надежность электроснабжения

С корректно спроектированным выходом трансформаторов, выполнение «критерия n-1» не является проблемой. Даже если один модуль отказывает (например, коммутационное устройство среднего напряжения, кабель или трансформатор), энергоснабжение продолжается без заметного прерывания. Ни один из приводов не останавливается, и целое предприятие продолжает надежно работать. С SITRABLOC мощность везде, где она нужна,-безопасно, надежно и экономично.

режим работы n-1

критерий п-1

Для выполнения так называемого «критерия n-1» заводская сеть должна иметь соответствующую конструкцию, как на стороне среднего напряжения, так и низкого. В случае отказа одного из компонентов на линии трансформатора (например, автоматического выключателя или трансформатора, или кабеля до трансформатора) не произойдет прерывания энергоснабжения на стороне низкого напряжения (рис. 3.2-42)

Требуемая мощность 5 000 кВА= 4 х 1 250 кВА. В случае отключения одного энергоузла (SITRABLOC) от сети низкого напряжения, недостающая мощность будет поддерживаться за счет оставшихся трех (n-1) энергоузлов. SITRABLOC -это комбинация всего, что технология сегодняшнего дня может предложить. $GEAFOL^{(g)}$ трансформаторы с литой эпоксидной изоляцией только один из примеров этого.

Они отдают 100% мощности без вентиляторов и обладают резервом до 140% с вентиляторами. Гарантированная безопасность для эксплуатирующего персонала, даже в случае установки в непосредственной близости.

Другой пример- системы сборных шин большого тока SENTRON. Они могут прокладываться в любой компоновке, просты в монтаже и могут проводить ток там, где вам нравится почти без потерь. Самый важный момент, тем не менее, это единообразие SITRABLOC на всем своем протяжении, в не зависимости от компоновки модулей.

Современная технология (табл. 3.2-27, рис. 3.2-44, следующая страница)

SITRABLOC может удовлетворять любым требованиям. Его особенности включают в себя:

- Трансформаторный шкаф без/с вентиляторами (работа с естественным или принудительным охлаждением).
- GEAFOL трансформаторы с литой эпоксидной изоляцией с высоконадежным заземляющим разъединителем - 1250 кВА с естественным охлаждением, 1750 кВА с принудительным (рис. 3.2-43, след. страница).
- Внешнее распредустройство среднего напряжения с плавкими вставками/выключателем-разъединителем.
- Автоматические выключатели низкого напряжения
- Автоматическая компенсация реактивной энергии: до 500 кВАр для неограниченного шкафа, до 300 кВАр для ограниченного.
- Система сборных шин большого тока SENTRON: подключение к системам сборных шин большого тока в любом направлении.
- SIMATIC ET 200/PROFIBUS интерфейс для системы текущего контроля и управления (если требуется).

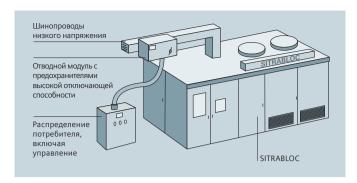


Рис. 3.2-40: Эскиз расположения

Номинальное напряжение:	12 кВ и 24 кВ
Мощность трансформатора (без/с) охлаждением	1 250 kBA/1 750 kBA
Режим работы трансформатора	100 % без принудит. охл. темп. до 40 °C 140 % с принудительным охлаждением
Коррекция коэффициента мощности	до 500 кВАр без реакторов до 300 кВАр с реакторами
Система шинопровода	1 250 A; 1 600 A; 2 500 A
Степень защиты	IP23 для трансформаторных шкафов IP43 для шкафов низкого напряжения
Размеры(мм)(ДхВхГ)	3 600 мм х 2 560 мм х 1 400 мм
Вес, примерно	6 000 кг

Таблица. 3.2-27: Технические данные SITRABLOC



Рис. 3.2-41: Батарея конденсаторов

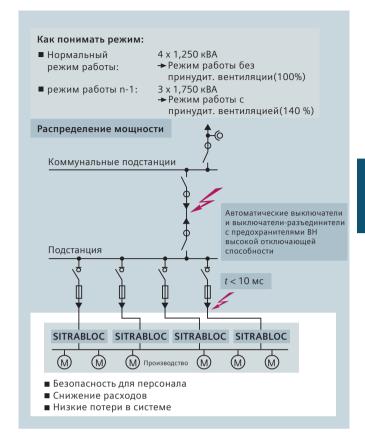


Рис. 3.2-42: **режим работы n-1**



Рис. 3.2-43: Трансформатор и заземляющий выключатель, блок НН

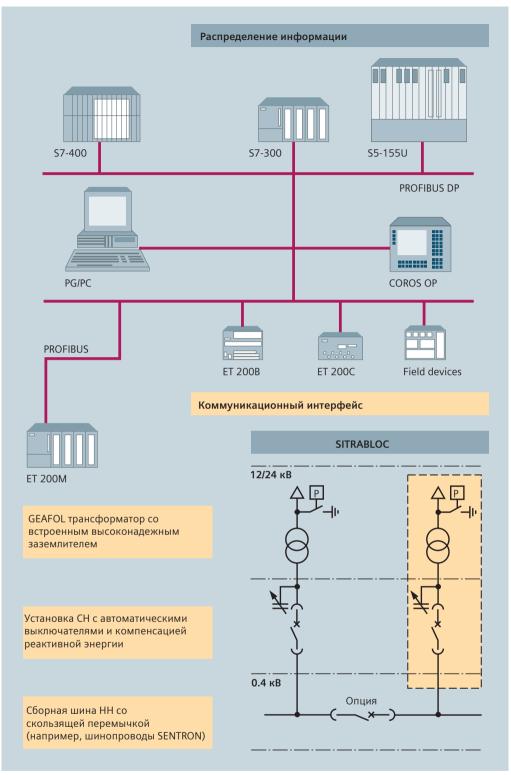


Рис. 3.2-44: SIMATIC ET 200/PROFIBUS интерфейс для системы управления и мониторинга

Для дальнейшей информации, пожалуйста, обращайтесь: Факс: + 7 495 737-10-10

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

3.3.1 Требования к электроэнергетическим системами в зданиях.

Эффективность электроснабжения зависит от квалифицированного проектирования. Особенно в первой стадии проектирования, поиска концептуальных решений, проектировщик может использовать свои творческие способности для того, чтобы внести новые, инновационные решения и технологии. Они работают как базис для общего решения, которое должно быть экономически и технически оптимизировано с точки зрения энергообеспечения и связанных с ним требований.

Последующие стадии расчетов и выбора размеров схемы и оборудования представляют собой рутинные задачи, требующие больших усилий. Они могут эффективно выполняться с использованием современных инструментов подбора характеристик устройств, таких как SIMARIS®design, так что проектировщику остается больше свободы именно для творческого проектирования, связанного с поиском концептуальных решений (рис. 3.3-1).

Когда задача ограничена энергоснабжением только для инфраструктурных проектов, полезные возможности могут снизиться. При проектировании системы распределения электрической энергии необходимо брать на рассмотрение следующие аспекты:

- Упрощение оперативного управления за счет прозрачной и простой структуры энергосистемы
- Снижение затрат на потери энергии, например, за счет передачи электроэнергии среднего напряжения к центрам нагрузок.
- Высокая надежность электроснабжения и эксплуатационная безопасность установок даже в случае сбоев отдельного оборудования (дублированное питание, селективность защиты системы питания и высокая доступность)
- Простая адаптация к изменяющейся нагрузке и эксплуатационным условиям
- Низкие эксплуатационные расходы благодаря простому в обслуживании оборудованию
- Достаточная пропускания способность оборудования во время нормальной работы, а также в случае аварий, и с расчетом на будущее расширение системы.
- Хорошее качество энергоснабжения, т.е. малые изменения напряжения из-за колебаний нагрузки с достаточной симметрией напряжения и небольшими гармоническими искажениями.
- Соблюдение стандартов и технических условий, относящихся к проектам для специальных установок

Стандарты

Для минимизации технических рисков и/или защиты людей, работающих с электротехническим оборудованием, основные правила проектирования электроустановок были включены в стандарты. Стандарты предоставляют все самые современные правила и требования на сегодняшний день; они являются основой для оценочных и окончательных решений.

Технические стандарты представляют собой желаемые условия эксплуатации установок, оговариваемые профессиональными ассоциациями, но они, тем не менее, обязательны для исполнения, особенно в вопросах безопасности работ. Более того, соответствие техническим стандартам крайне важно для одобрения работающему персоналу субсидий от властей или страхового покрытия. Если несколько десятков лет назад, стандарты составлялись в основном на национальном уровне и обсуждались в региональных комитетах, то теперь существует соглашение, что

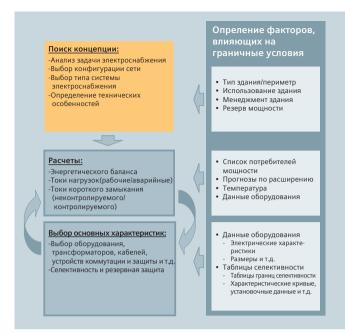


Рис. 3.3-1: Задачи проектирования системы электроснабжения

Региональные	Америка PAS	Европа CENELEC	Австралия	Азия	Африка	
Национальные	США: ANSI	ДАНИЯ DIN VDE	АВСТРАЛИЯ: SA	КИТАЙ SAC	КАНЖОН АФРИКА: SABS	
	КАНАДА: SCC	ИТАЛИЯ СЕІ	HOBAЯ ЗЕЛАНДИЯ: SNZ	ЯПОНИЯ: JISC		
	БРАЗИЛИЯ: COBEI	ФРАНЦИЯ UTE				
		АНГЛИЯ: BS				
ANSI	Американский национальный институт стандартов BS Английские стандарты					
CENELEC	Европейский	комитет по эл	ектротехниче	ской стандарти	ізации	
CEI	тротехническ	ой комитет DI	ческой комите N VDE Немецкі электротехниі	ий институт по		
JISC	Японский про	омышленный	комитет по ста	ндартизации		
PAS	Стандарты ти	хоокеанской с	бласти			
SA	Стандарты Ав	встралии				
SABS	Южноафрика	анское бюро п	о стандартам			
SAC	Администрац	ия по стандар	тизации Китая			
SCC	Совет по стан	ідартам Канад	Ы			
SNZ	Стандарты Но	вой Зеландии				
UTE	Коммуникаці Связи	ионно-техниче	ское объедин	ение Электрот	ехники и	

Таблица. 3.3-1: Представление национальных и региональных стандартов в электротехнике

инициативы должны передаваться на рассмотрение централизованно (на уровне МЭК), а затем приниматься как региональные и национальные стандарты. Только в случае, если МЭК не заинтересован в решении этого вопроса или существуют ограничения по времени, составляется проект стандарта на региональном уровне.

Взаимосвязь различных уровней стандартизации показана в табл. 3.3-1. Полный список членов МЭК и дальнейшие ссылки можно получить на www.iec.ch -> Members & Experts ->List of Members (NC); http://www.iec.ch/dyn/ www/f?p=103:5:0.

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

Конфигурации системы

Таблицы 3.3-2 и 3.3-3 показывают технически аспекты и факторы влияния, которые необходимо учитывать при проектировании системы распределения электроэнергии и определения параметров сетевых компонентов.

- Простая радиальная система (топология отходящих линий) Все потребители централизованно питаются от одного источника энергии. Каждое подключение имеет однозначное направление потока электроэнергии.
- Радиальная система с переключаемыми соединениями в качестве резерва мощности частичная нагрузка: Все потребители централизовано питаются от двух до п источников энергии. Они рассчитаны таким образом, что каждый из них способен питать все потребители, непосредственно подключенные к основной системе распределения энергии (автономная работа с отключенными межсетевыми соединениями). В случае аварии одного источника, оставшиеся источники могут осуществлять питание некоторых потребителей, подключенных к другому источнику энергии. В этом случае все второстепенные потребители должны отключаться (сброс нагрузки)
- Радиальная система с переключаемыми соединениями в качестве резерва мощности- полная нагрузка: Все потребители централизовано питаются от двух до п источников энергии (автономная работа с отключенными межсетевыми соединениями). Они имеют номинальную мощность, позволяющую в случае аварии одного источника, оставшимся источникам энергии полноценно питать все потребители, подключенные к вышедшему из строя источнику. Нет необходимости в отключении потребителей. В этом случае, мы говорим о выборе мощности источников энергии в соответствии с принципом (n-1). С тремя параллельными источниками и более, возможны также другие принципы электроснабжения,

- например принцип (n-2). В этом случае, эти источники энергии будут иметь такую мощность, что, например, два из трех трансформаторов могут отключиться, и это никак не повлияет на постоянство электроснабжения всех потребителей.
- Радиальная система в объединенной сети
 Индивидуальные радиальные сети, в которых потребители
 централизованно питаются от одного источника энергии, также
 дополнительно электрически соединены с другими радиальными сетями с помощью взаимных межсетевых соединений. Все
 межсетевые соединения нормально включены.

В зависимости от номинальной мощности источников энергии по отношению к полной подключенной нагрузке, применение принципов (n-1), (n-2), и т.д. может обеспечить непрерывное и полноценное электроснабжение всех потребителей за счет дополнительных соединительных линий.

Направление потока энергии через взаимные межсетевые соединения может меняться в зависимости от линии подачи энергии, что необходимо брать в расчет при выборе мощности защитных/коммутационных устройств и, прежде всего, для расчета параметров защиты.

 Радиальная система с распределением энергии через шинопроводы
 В этом особом случае радиальных систем, которые могут работать в объединенной сети, используются системы шинопроводов вместо кабелей.

В цепях взаимных межсетевых соединений, эти системы шинопроводов используются либо для передачи электроэнергии (например, от радиальной системы А до радиальной системы В), либо распределения энергии до соответствующих потребителей.

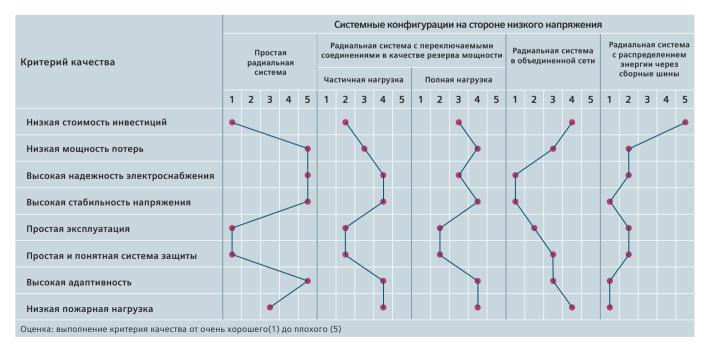


Таблица. 3.3-2: Примерная качественная оценка в зависимости от конфигурации системы

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

Системы электроснабжения в соответствии с типом заземления

TN-C, TN-C/S, TN-S, IT и TT системы
Реализация IT систем может требоваться национальными или
международными стандартами.

- Для частей установок, которые должны соответствовать особенно высоким требованиям относительно эксплуатационной безопасности и безопасности для человека (например в медицинских кабинетах интенсивной терапии и пр.)
- • Для установок, работающих на открытом воздухе (например, в горнодобывающей промышленности, подъемных кранах, станций переработки мусора и химической промышленности)
- В зависимости от мощности системы электроснабжения и номинальных напряжений могут быть различные требования ко времени отключения (защита человека от непрямого касания с частями, находящимися под напряжением, посредством автоматического отключения)
- В системах электроснабжения, в которых электромагнитное влияние играет важную роль, предпочтительно конфигурировать как TN-S непосредственно вниз от точки питания. В дальнейшем, будет достаточно дорого переводить существующие TN-C или TN-C/S системы в ЭМС-совместимые системы.

Самой совершенной из TN систем является ЭМС-совместимая конструкция, выполненная как система TN-S

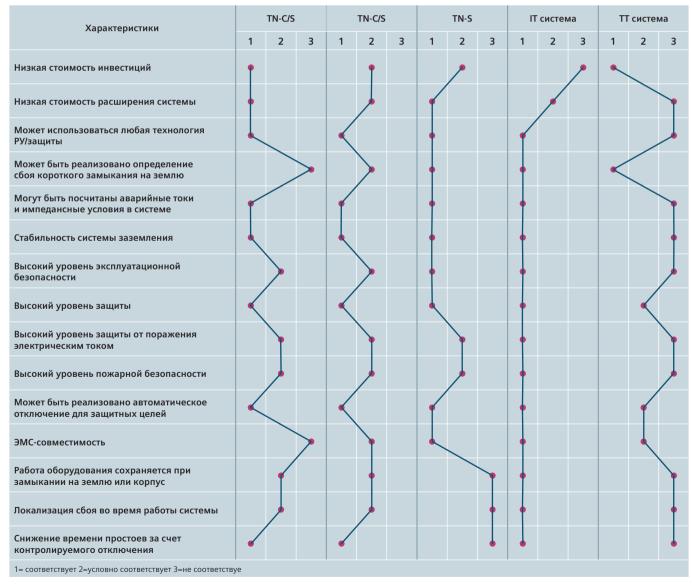


Таблица. 3.3-3: Примерная качественная оценка систем энергоснабжения в соответствии с типом заземления

3.3.2 Определение основных характеристик систем распределения энергии

После того, как утверждена базовая концепция системы электроснабжения, необходимо определить основные характеристики системы электроснабжения.

Определение основных характеристик означает выбор всего оборудования, которое используется в системе электроснабжения.

Задачей является обеспечить технически допустимую комбинацию переключающих, защитных устройств и соединительных линий для каждой цепи системы электроснабжения.

Основные правила

В общем, определение основных характеристик должно осуществляться в соответствии с техническими правилами стандартов, приведенных на рис. 3.3-2.

Определение размеров кросс-схемы

После выбора сетевых компонентов и систем, может быть разработана экономическая эффективность общей системы. Эти кросс схемы сопоставления сетевых компонентов могут быть любой степени сложности, потому что последующие изменения некоторых компонентов, например, переключающих или защитных устройств, могут влиять на соседний высший уровень или низкоуровневые секции сети (высокие затраты на тестирование, высокие риски проектирования).

Принципы выбора основных характеристик

Для каждой цепи, процесс определения основных характеристик включает в себя выбор одного или более коммутирующих - защитных устройств, которые используются в начале и конце соединительной линии, и, после изучения технических особенностей коммутирующих - защитных устройств, выбор характеристик самой соединительной линии (кабельная линия или соединение шинопроводом). Для питающих линий, в особенности, процесс выбора основных характеристик также включает в себя выбор параметров источников энергии.

Задачи выбора характеристик могут варьироваться в зависимости от типа цепи. Задача выбора характеристик для защиты от перегрузок и коротких замыканий может быть решена в виде выбора места расположения защитного оборудования. Устройства, применяемые на конце линии, могут гарантировать хорошую защиту от перегрузок, но при этом не обеспечивать защиту от коротких замыканий.

Типы цепей

Основные правила выбора характеристик и стандартов, перечисленные на рис 3.3-2, в принципе, могут применяться для всех видов цепей. Также существуют дополнительные специфические требования для этих типов цепей, которые рассматриваются детально ниже.

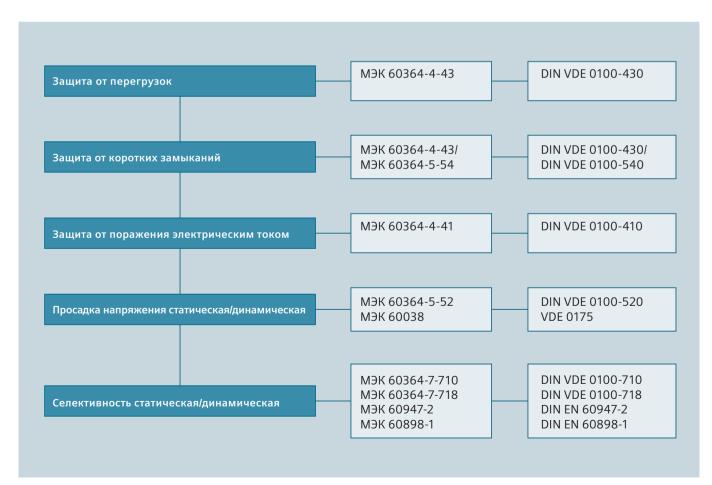


Рис. 3.3-2: Актуальные стандарты для выбора основных характеристик

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

Цепи питания

Особенно серьезные требования предъявляются к выбору основных характеристик питающих цепей. Начинать следует с выбора номинальной мощности источников энергии. Мощность источников энергии выбирается в соответствии с максимальными ожидаемыми токами в системе, необходимым резервом мощности и уровнем надежности энергоснабжения в случае аварии (перегрузки, короткого замыкания).

Режимы нагрузок для всей системы устанавливаются путем принятия энергетического баланса (в «энергетическом расчете»). Резерв мощности и эксплуатационная надежность в системах электроснабжения обычно создается за счет соответствующей избыточности в системе, например:

- Обеспечение дополнительными источниками энергии (трансформаторами, генераторами, ИБП).
- Выбор мощности источников энергии в соответствии с аварийными принципами; n- или (n-1) принцип: применение принципа (n-1) означает, что два из трех источников энергии в принципе в состоянии обеспечить непрерывное электроснабжение всей нагрузки в системе без каких-либо проблем в случае аварии самого малого источника энергии в сети.
- Выбор таких источников энергии, которые временно могут работать в условиях перегрузок (например, трансформаторы с принудительной вентиляцией).

Вне зависимости от значения токов нагрузки, выбор характеристик любых последующих компонентов питающих линий ориентирован на номинальные мощности источников энергии, режимы работы системы и все состояния коммутирующих устройств в пределах энергосистемы.

Как правило, устройства коммутации и защиты должны выбираться таким образом, чтобы обеспечить передачу максимальной расчетной мощности в системе. Также, должны быть определены различные минимальные/максимальные токи короткого замыкания в системе электроснабжения, которые зависят от коммутационного состояния.

После того, как выбраны характеристики соединительных линий (кабелей или шинопроводов), необходимо рассмотреть соответствующие понижающие коэффициенты; данные коэффициенты зависят от числа систем, работающих параллельно и типа установки.

После выбора характеристик устройств, особое внимание нужно уделить их номинальной отключающей способности при коротком замыкании. Кроме того, высококачественные расцепители с различными уставками являются предпочтительными, поскольку они представляют собой основу для создания наилучшей селективности в направлении движения от вышестоящих устройств к нижестоящим.

Распределительные цепи

Выбор характеристик кабельных трасс и устройств следует после определения максимальных токов нагрузки, ожидаемых на уровне распределения.

Как правило

 $I_{b\, extit{max}} = \mathcal{\Sigma}$ установленная мощность х коэффициент одновременности

Коммутирующие/защитные устройства и соединительные линии должны подбираться с учетом требований к защите от коротких замыканий и перегрузок.

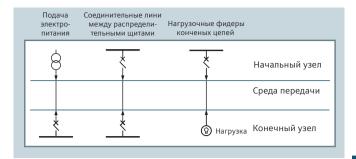


Рис. 3.3-3: Схематичное представление различных типов цепей

Для гарантированной защиты от перегрузок, необходимо соблюдать нормализованные рабочие не отключаемые токи, проходящие через устройства. Проверка, основанная только на номинальном токе устройства или значении параметра I, может быть недостаточной.

Основные правила для обеспечения защиты от перегрузок: Правило номинального тока

- Ненастраиваемое защитное оборудование $I_b \leq I_n \leq I_z$
 - Номинальный ток I выбранного устройства должен быть между расчетным максимальным током нагрузки I_b и максимальным допустимым током I_z линии передачи (кабеля или сборной шины).
- Настраиваемое защитное оборудование $I_b \leq I_z \leq I_z$

Номинальный ток I, расцепителя перегрузки должен быть между расчетным максимальным током нагрузки I_b и максимальным допустимым током нагрузки I_z линии передачи (кабеля или сборной шины).

Правило тока расцепления

 $I_2 \leq 1.45 \; x \; I_z$

Максимальный допустимый ток нагрузки I_2 линии электропередачи (кабеля или сборной шины) должен быть выше номинального тока расцепления $I_2/1.45$ выбранного устройства. Значение I_2 стандартизовано и варьируется в зависимости от типа и характеристик применяемого защитного оборудования.

Значение I_2 стандартизовано и различается в зависимости от типа и характеристик применяемого защитного устройства.

Основные правила для обеспечения защиты от коротких замыка-

Энергия короткого замыкания

 $K^2S^2 \ge I^2t$

(К = Коэффициент материала; S = поперечное сечение)

Количество энергии, выделяемое во время короткого замыкания до момента срабатывания автоматической защиты должно быть меньше, чем может максимально передавать линия передачи, иначе могут произойти непоправимые повреждения. Как стандарт, это основное правило устанавливает максимальное время до срабатывания 5 с.

При времени отключения короткого замыкания менее 100 мс, необходимо учитывать максимальное значение сквозной энергии, проходящей через защитное устройство (в соответствии со спецификациями производителя оборудования).

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

При использовании устройств с отключающим модулем, необходимо проверить выполнение этого условия во всех точках кривой характеристики расцепления устройства.

Простой проверки в диапазоне максимальных токов короткого замыкания $(I_{\kappa_{maxc}})$ не всегда достаточно, особенно в случае использования расцепителей с выдержкой времени.

Время короткого замыкания

 $t_{\alpha}(I_{k,max}) \leq 5 c$

Итоговое время отключения при коротком замыкании защитного оборудования должно гарантировать, что минимальный ток ко¬роткого замыкания $I_{\kappa_{\rm мин}}$ на конце передающей защищаемой лини будет автоматически отключен в течении максимум 5 с.

Защита от перегрузок и коротких замыканий не обязательно должна обеспечиваться одним и тем же устройством. Если требуется, эти две задачи по защите могут выполняться с помощью комбинации устройств. Также можно рассмотреть использование раздельных коммутирующих и защитных устройств, т.е. в начале и конце кабельной линии. Как правило, устройства, применяемые на конце кабельной линии, могут гарантировать защиту от перегрузок только этой линии.

Групповые конечные цепи

Метод координации защиты от перегрузок и коротких замыканий практически идентичен для конечных и распределительных цепей. Помимо защиты от перегрузок и коротких замыканий, во всех цепях также важна защита человеческой жизни.

Защита от поражения электрическим током

$$t_a(I_{\kappa I \text{ mus}}) \leq t_{a \partial on}$$

В случае возникновения однофазного замыкания на землю $(I_{xI,uuu})$, итоговое время срабатывания t_a для выбранного защитного оборудования должно быть меньше, чем максимально допустимое время отключения этих цепей $t_{a\,don}$ согласно МЭК 60364-4-41/ DIN VDE 0100-410 для обеспечения защиты человека.

Поскольку требуемое максимальное время отключения варьируется в зависимости от номинального напряжения системы и типа подключенной нагрузки (стационарная или нестационарная нагрузка), защитные требования по отношению к минимальному времени отключения $t_{a_{\it дon}}$ могут передаваться от одной нагрузочной цепи к другой. Альтернативно, эту задачу по защите человека можно решить с помощью ограничения максимального напряжения прикосновения.

Поскольку конечные цепи часто имеют длинные питающие линии, от их размеров часто зависит максимально допустимое падение напряжения.

При рассмотрении вопроса о выборе коммутирующих и защитных устройств необходимо всегда помнить о том, что длинные линии обладают высоким результирующим сопротивлением, что вызывает сильное ослабление расчетных токов короткого замыкания.

В зависимости от режима работы (секционный выключатель вкл./ откл.) и источника питания среднего напряжения (трансформатор или генератор), защитное оборудование и его характеристики должны быть сконфигурированы для наиболее неблагоприятного сценария короткого замыкания.

В отличии от питающих и распределительных цепей, где выбор высококачественных расцепителей очень важен, в конечных цепях нет каких-либо специальных требований к защитному оборудованию относительно требуемой степени селективности. Использование расцепителей с характеристикой LI обычно достаточно.

Резюме

В целом, процесс выбора основных характеристик прост для понимания и может быть выполнен с использованием простых средств.

Его сложность заключается в получении требуемых технических данных о продуктах и системах. Эти данные можно найти в различных технических стандартах и правилах, а также в многочисленных каталогах продукции.

Важный аспект в этом контексте — кросс-схемы управления определением размеров компонентов на основе их технических данных. Один такой аспект - выше отмеченное время отключения минимальных токов для цепей с нестационарной нагрузкой по отношению к другой цепи со стационарной нагрузкой или распределительной цепи.

Другой аспект - это взаимное влияние выбора характеристик и расчета параметров короткого замыкания, например для использования устройств ограничения токов короткого замыкания.

Также, сложность вопроса увеличивается, когда необходимо учитывать при расчетах различные национальные стандарты или практику монтажа.

По причинам минимизации рисков и эффективного использования времени, некоторые компании используют дополнительное программное обеспечение, например, такое как SIMARIS design для расчетов, при выполнении выбора характеристик оборудования и контроля процессов в электроэнергетических системах.

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

3.3.3 Распределительные устройства низкого напряжения

При разработке концепции распределения энергии, включая выбор характеристик системы и устройств, требования к ним и осуществимость должны согласоваться конечным пользователем и производителем.

При выборе низковольтного распределительного щита (ЩРНВ), предпосылками для его эффективной разработки является информация о его использовании, доступности и опции для дальнейшего расширения. Требования в области распределения энергии крайне разнообразны. Они начинаются со зданий, которые не предоставляют высоких стандартов к энергоснабжению, таких как офисные здания, и кончая приложениями с высокими требованиями, например, центрами обработки данных, для которых наиболее важным фактором является бесперебойная работа.

Поскольку нет необходимости в рассмотрении серьезных коммутирующих функций ЩРНВ при проектировании системы распределения энергии в коммерческих зданиях и отсутствия существенных требований дальнейшего расширения системы, то можно применять оптимизированную технологию с высокой плотностью размешения компонентов. В этих случаях, в основном используется оборудование со стационарной (несъемной) конструкцией и защитой плавкими вставками. Но, при проекти-

ровании системы распределения энергии для производственного предприятия, коэффициент использования системы, расширяемость, управление и визуализация представляют собой важные функции для сокращения вынужденных простоев в производстве. Важный принцип в этом случае - использование автоматических выключателей и конструкций с выдвижными плавкими вставками. Также очень важна селективность для надежного электроснабжения. Между этими двумя краевыми концепциями существует большое разнообразие конструкций для оптимального выполнения требований заказчика. Тем не менее, первостепенным приоритетом в любых системах является предотвращение увечий персонала и повреждения оборудования. При выборе соответствующего распределительного устройства, необходимо быть уверенным, что это распредустройство с сертифицированной конструкцией (в соответствии с МЭК 61439-2, соотв. DIN EN 61439-2, VDE 0660-600-2) с дополнительным тестированием поведения при внезапном возникновении дуги (МЭК 61641, VDE 0660-500, Приложение 2), а также что выбор осуществляется в соответствии с правилами, регулирующими всю систему (полная селективность, частичная селективность)

Дальнейшая информация:

Siemens AG: Распределительные щиты низкого напряжения, которые устанавливают новые станларты: SIVACON S8 -безопасность, гибкость, экономическая эффективность; Заказной номер: Е10003-Е38-9В-D0010-7600 Для детального проектирования: www.siemens.com/sivacon



Рис. 3.3-4: Распределительное устройство SIVACON S8

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

Обзор

Распредустройство низкого напряжения SIVACON S8 это конфигурируемое, многофункциональное с сертифицированной конструкцией распредустройство, которое может использоваться не только в административных и ведомственных зданиях, но также в промышленных и торговых. SIVACON S8 состоит из стандартизованных, модульных компонентов, которые могут комбинироваться в экономически эффективное общее решение, зависящее от специфических требований. SIVACON S8 имеет высокий уровень функциональности, гибкости и качества, а также компактные размеры и высокий уровень защиты для персонала и оборудования. Siemens или его уполномоченные партнеры выполняют следующее:

- Конфигурация с учетом требований заказчика
- Электрический и механический монтаж
- Тестирование тех задач, для которых используются сертифицированные функциональные модули.

Уполномоченные партнеры будут использовать предусмотренную документацию. SIVACON S8 может использоваться как сертифицированные распределительные щиты до 7000 A.

Стандарты и правила

SIVACON S8 -это распределительная установка низкого напряжения с сертифицированной конструкцией в соответствии с МЭК 61439-2, VDE 0660-600-2. SIVACON S8 стоек к случайной дуге, в соответствии с МЭК 61641, VDE 0660-500, Приложение 2. SIVACON S8 доступен в нескольких монтажных конструкциях (рис. 3.3-5).

Шкаф с автоматическим выключателем

Шкафы для установки автоматических выключателей 3WL и 3VL, используются для питания распредустройства (как вводной шкаф) и для отходящих фидеров, а также междушинных соединений (секционных шинных разъединителей или шинных соединителей). Для вводных шкафов используется правило – в шкафу этого типа может быть установлен только один автоматический выключатель (рис. 3.3-6).

Монтажное пространство используется для следующих функций:

- Входящие/отходящие фидеры с автоматическими выключателями 3WL со стационарной и выдвижной конструкцией с токами до 6300 A.
- Шинный секционный разъединитель и шинный соединитель с автоматическими выключателями 3WL со стационарной и выдвижной конструкцией с токами до 6300 A.
- Входящие/отходящие фидеры с автоматическими выключателями 3VL со стационарной конструкцией с токами до 1600 А или 3VA до 630 А.

Шкаф с универсальной монтажной конструкцией Шкафы для кабельных фидеров в стационарном и вставном исполнении с токами до 630 А используются для установки следующей коммутационной аппаратуры (рис 3.3-7):

- Автоматические выключатели SIRIUS 3RV/3VL/3VA
- Выключатель-разъединитель ЗК
- Выключатель-разъединитель 3NP
- Выключатель разъединитель 3NJ6 вставного исполнения

Коммутационная аппаратура монтируется на монтажных панелях и подключается к вертикальным токораспределительным шинам со стороны питания. Вставной выключатель-разъединитель 3NJ6 входящей линии может устанавливаться при помощи адаптера. Передняя часть закрывается с помощью общих щитовых дверей или дверей отсеков.

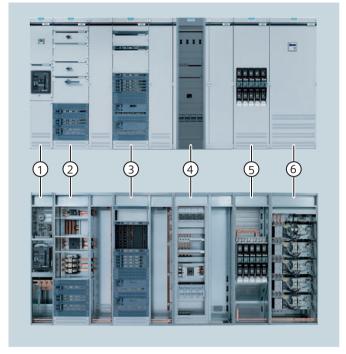


Рис. 3.3-5: Доступны следующие монтажные конструкции:

- (1) Вводной шкаф 3WL с током до 6300 А или 3VL с током до 1600 А
- (2) Шкаф с универсальной монтажной конструкцией для кабельных фидеров с токами до 630 А в стационарном и вставном исполнении (3NJ6)
- (3) Выключатель разъединитель 3NJ6 (вставной) для кабельных фидеров до 630 A с вставной конструкцией.
- (4) Стационарный шкаф (с фронтальными панелями) для фидеров до 630 А и модульных устройств
- (5) Выключатель разъединитель 3NJ4 (стационарный) для кабельных фидеров до 630 А.
- (6) Компенсация реактивной мощности до 600 кВАр

Шкаф с вставным выключателем-разъединителем 3NJ6
Шкафы для кабельных фидеров во вставном исполнении с токами до 630 А используются для установки выключателей-разъединителей. Вставной контакт со стороны питания представляет собой экономически эффективную альтернативу выдвижной конструкции. Блочная конструкция вставных модулей позволяет быструю и простую модификацию или замену в рабочем состоянии. Пространство для монтажа устройств используется для вставных выключателей-разъединителей с расстоянием между полюсами 185 мм. Вертикальная система шин размещена сзади щита и защищена от прикосновения (опционально) с уровнем защиты IP20. Это позволяет заменять выключатели-разъединители без отключения распредустройства (рис. 3.3-8).

Шкаф со стационарной конструкцией с передними крышками Шкафы для кабельных фидеров в стационарном исполнении до 630 А используются для установки следующей коммутационной аппаратуры (рис. 3.3-9):

- Автоматический выключатель SIRIUS 3RV/3VL/3VA
- Выключатель-разъединитель 3К
- Выключатель-разъединитель 3NP
- Модульные устройства (доступны монтажные комплекты)

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

Коммутационная аппаратура монтируется на регулируемых держателях и подключается к вертикальным токораспределительным шинам со стороны питания. Фронт шкафов имеет крышки или дополнительные двери (с вырезами или без).

Шкаф стационарного монтажа с выключателями-разъединителями 3NJ4

Шкафы для кабельных фидеров с токами до 630 А в стационарном исполнении используются для установки выключателей-разъединителей с предохранителями 3NJ4. За счет своей компактной конструкции, выключатели-разъединители с предохранителями предоставляют оптимальные условия для монтажа с высокой плотностью установки компонентов. Система сборных шин расположена горизонтально сзади шкафа. Эта система шин подключена к главной системе шин через поперечные элементы. Выключатели-разъединители с предохранителями устанавливаются непосредственно на систему сборной шин (рис. 3.3-10)

Основное распределение на уровне низкого напряжения

При выборе низковольтного распределительного щита (ЩРНВ), предпосылками для правильного выбора типоразмера является информация о его использовании, доступность и возможности для дальнейшего расширения. Требования в области распределения энергии чрезвычайно разнообразны.

Обычно частые переключения не рассматриваются при проектировании системы распределения электроэнергии для коммерческих, ведомственных и промышленных зданий, а также, как правило, не предусматривается расширение системы. Поэтому можно применять оптимизированную технологию с высокой плотностью размещения компонентов. В таких случаях Siemens, в основном, использует оборудование с защитой автоматическими выключателями стационарной конструкции. При проектировании системы распределения электроэнергии для производственного предприятия, коэффициент использования системы, расширяемость, управление и визуализация представляют собой важные функции для сокращения вынужденных простоев предприятия. Основной принцип в этом случае - использование автоматических выключателей с выдвижной конструкцией. Селективность также очень важна для надежного электроснабжения. Между этими двумя концепциями существует большое разнообразие конструкций для оптимального выполнения требований заказчика. Тем не менее, предотвращение увечий персонала и повреждения оборудования является первостепенным приоритетом в любых системах. При выборе соответствующего распределительного устройства, необходимо быть уверенным, что это распредустройство с сертифицированной конструкцией (в соответствии с МЭК 61439-2, соотв. DIN EN 61439-2, VDE 0660-600-2) с дополнительным тестированием поведения при возникновении внутренней дуги (МЭК 61641, VDE 0660-500, Приложение 2).

Системы распределения энергии мощностью до 3 МВА следует выбирать исходя из этих стандартов. До этой мощности, оборудование и распределительные системы низкого напряжения относительно недороги за счет ограниченных токов короткого замыкания.

Для номинальных токов до 3200 А распределение мощности посредством сборных шин достаточно, в случае если компоновка шкафов входящих/отходящих фидеров и секционных шкафов были выбраны в соответствии с наиболее эффективным по производительности вариантом. Температура окружающего воздуха, нагрузка на каждом конкретном фидере и максимальные потери на каждый шкаф оказывают непосредственное влияние на используемые устройства и требуемое число шкафов, а также плотность компонентов (количество устройств в каждом шкафу).



Рис. 3.3-6: Щит с автоматическим выключателем



Рис. 3.3-7: Щит с универсальной монтажной конструкцией



Рис. 3.3-8: Щит с выключателями-разъединителями 3NJ6 вставной конструкции



Рис. 3.3-9: Щит со стационарной конструкцией с передней крышкой



Рис. 3.3-10: Щит с выключателями-разъединителями 3NJ4 стационарной конструкции

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

3.3.4 Замечания по проектированию распредустройств низкого напряжения

Установка- зазоры и ширина проходов

Минимальный зазор между распредустройством и стенами определяется производителем и должен соблюдаться при установке щитов низкого напряжения (рис. 3.3-11). Минимальные размеры эксплуатационных и сервисных проходов согласно МЭК 60364-7-729 (DIN VDE 0100-729) должны быть учтены при планировании необходимой площади помещения щитовой (таблица 3.3-4, рис. 3.3-12, рис. 3.3-13).

Внимание! Если для вставки автоматических выключателей или выдвижных модулей используется подъемное устройство, минимальная ширина проходов должна адаптироваться к размерам этого устройства!

Транспортные модули

В зависимости от доступных маршрутов, имеющихся в здании, в транспортный модуль могут быть объединены один или более шкафов. Максимальная длина транспортного модуля не должна превышать 2400 мм.

Необходи	Необходимое пространство						
Высота		2,000 мм и 2,200 мм (Опционально с высотой цоколя 100 или 200 мм)					
Ширина			уемых данных по доб описание шкафов	авлению расстояния			
Глубина	Размещение сборной шины	Номинальный ток основной сборной шины	Тип монтажа	Вход кабеля/ шинопровода			
600 мм	Сзади	4 000 A	Только спереди	Сверху и снизу			
800 мм	Сзади	7 010 A	Только спереди	Сверху и снизу			
1 000 мм	Сзади	4 000 A	Две стороны	Сверху и снизу			
1 200 мм	Сзади	7 010 A	Две стороны	Сверху и снизу			
500 мм	Сверху	3 270 A	Только спереди	Снизу			
800 мм	Сверху	3 270 A	Только спереди	Сверху и снизу			
800 мм	Сверху	6 300 A	Только спереди	Снизу			
1 200 мм	Сверху	6 300 A	Только спереди	Сверху и снизу			

Таблица. 3.3-4: Размеры распределительное устройства SIVACON S8

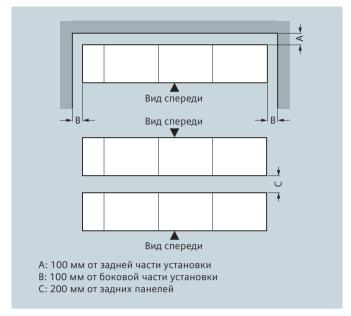


Рис. 3.3-11: **Зазоры до стен**

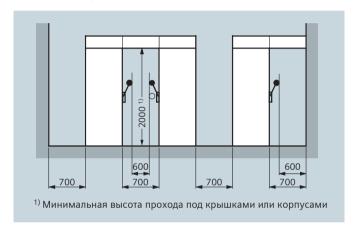


Рис. 3.3-12: Уменьшенные размеры проходов в пределах открытых дверей

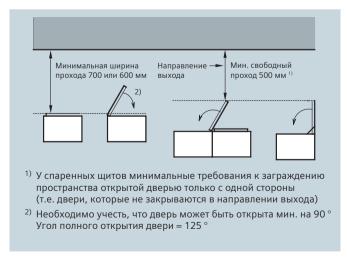


Рис. 3.3-13: Минимальная ширина проходов в соответствии с МЭК 60364-7-729 (DIN VDE 0100-729)

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

Двухсторонний монтаж

При двухстороннем монтаже, шкафы располагаются в ряд и друг за другом. Основное преимущество установки двойного фронта - существенная экономия места за счет питания шкафов обеих сторон (фронтов) от одной главной системы шин.

Структура системы «блок двойного фронта» требует определенной конфигурации.

Блок двойного фронта (рис. 3.3-14) состоит как минимум из 2, как максимум 4 шкафов. Ширина двухстороннего блока определяется самым широким шкафом (1), входящим в его состав. Этот шкаф можно разместить как на задней, так и передней стороне двухстороннего блока. До 3-ех шкафов (2), (3), (4) можно поместить на противоположной стороне. Суммарная ширина шкафов (2) - (4) должна соответствовать ширине наиболее широкого шкафа (1). Комбинация шкафов в пределах двухстороннего блока может быть любой со следующими исключениями.

Исключения

Следующие шкафы определяют ширину блока двойного фронта и могут быть скомбинированы только с пустым шкафом.

- Шкаф секционного выключателя
- Шкаф вводного выключателя / отходящего фидера на 5 000 А
- Шкаф вводного выключателя / отходящего фидера на 6 300 А

Bec

Вес шкафов, приведенных в таблице 3.3-5, следует использовать для транспортировки и расчетов конструкций зданий, таких как кабельные подвалы и фальшполы.

Двухсторонняя установка - вид сверху Двухсторонняя установка только с одной системой главной системы шин сзади (1) (2) (3) (4) Двухсторонние блоки

Рис. 3.3-14: Компоновка щитов при двухсторонней установке

Условия окружающей среды для распредустройств

Климат и другие внешние условия (посторонние предметы, химически активные загрязняющие вещества, мелкие животные) могут влиять на распредустройство в различной степени. Эффект зависит от систем отопления или кондиционирования воздуха помещения распредустройства. При наличии высоких концентраций загрязняющих веществ необходимо применять меры по снижению загрязнения:

- Забор воздуха для помещения щитовой из менее загрязненной зоны
- Создание небольшого избыточного давления в помещении(например, надув чистого воздуха в распредустройства)
- Кондиционирование помещения распредустройства (снижение температуры, относительной влажности <60 %, при необходимости использование воздушных фильтров)
- • Снижение температуры (выбор завышенного типоразмера распредустройства и его компонентов, таких как сборные шины и распределительные шинопроводы)

Потери мощности

Потери мощности, приведенные в таблице 3.3-6, представляют собой примерные значения для шкафов с главной системой шин и функциональными модулями, позволяют определить тепловыделения в помещении распредустройства.

	Номинальный ток [A] Размер	Максимальная ширина шкафа	Приблизит. вес [кг]
Вводной шкаф с 3WL (выдвижной модуль)	630-1,600 Размер I	400	340
	2,000-3,200 Размер II	600	510
	4,000 Размер III	800	770
	4,000-6,300 Размер III	1 000	915
Шкаф с универсальной монтажной конструкцией (вкл. выдвижные модули, стационарная конструкция с передни	ми дверьми)	1 000	400
Шкаф с выключателями - разъединителями 3NJ4 стационарной	конструкции	600	360
Шкаф выключателями-разъединителями 3NJ6 (втычной)	1 000	415	
Шкаф компенсации реактивной мощности	800	860	

Таблица. 3.3-5: Средняя масса шкафов, включая сборные шины (без кабелей)

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

	Тип автоматического выключателя	Прибл. Pv [Вт] для % номиналь	ьного тока выключателя
		100 %	80 %
Шкаф с автоматическим выключателем	3WL1106 б30 A Размер I	215	140
с 3WL(выдвижной модуль)	3WL1108 800 A Размер I	345	215
	3WL1108 1 000 A Размер I	540	345
	3WL1108 1 250 A Размер I	730	460
	3WL1108 1 600 A Размер I	1 000	640
	3WL1220 2,000 A Размер II	1 140	740
	3WL1220 2 500 A Размер II	1 890	1 210
	3WL1220 3 200 A Размер II	3 680	2 500
	3WL1340 4,000 A Размер III	4 260	2 720
	3WL1350 5,000 A Размер III	5 670	3 630
	3WL1363 6,300 A Размер III	8 150	5 220
Шкаф с универсальной монтажной конструкцией(вкл. выдвижные модули, стационарная кон	нструкция с передними дверьми)	600 Вт
Шкаф с выключателем - разъединителем 3NJ4	стационарной конструкции		600 Вт
Шкаф выключателем-разъединителем 3NJ6 вх	1 500 Вт		
Шкаф со стационарной конструкцией с передн	600 Вт		
Шкаф компенсации реактивной мощности		С дросселем Без дросселя	1.4 Вт / кВар 6.0 Вт / кВар

Таблица. 3.3-6: Потери мощности на каждый шкаф (средние значения)

Стойкость к дуге

Дуговые пробои могут быть вызваны неверным выбором характеристик, снижением сопротивления изоляции из-за загрязнений и пр., но они также могут быть результатом ошибочных действий оперативного персонала. Воздействие, вызываемое высоким давлением и очень высокой температурой, может иметь фатальные последействия для оператора, системы электроснабжения и даже для здания. SIVACON S8 обеспечивает безопасность персонала посредством тестирования при условиях воздействия электрической дуги с помощью специального теста, соответствующего МЭК 61641 (DIN VDE 0660-500 Приложение 2). Активные меры защиты, такие как высококачественная изоляция токоведущих частей (например, сборных шин), стандартизованная и простая эксплуатация предотвращают дуговые пробои и связанных с этим увечья обслуживающего персонала. Пассивные меры защиты увеличивают безопасность системы и персонала во много раз. Они включают в себя: систему замков и петель, безопасную работу с выдвижными модулями или автоматическими выключателями за закрытыми дверями, запатентованные обратные клапаны на вентиляционных отверстиях спереди щита, дуговые барьеры или систему обнаружения дуги в сочетании с быстрым отключением аварий с возникновением дуги.

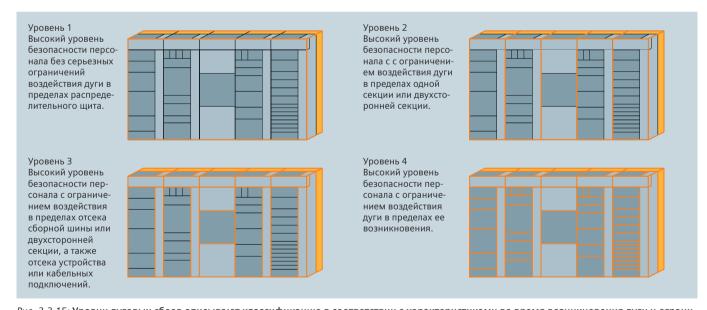


Рис. 3.3-15: Уровни дуговых сбоев описывают классификацию в соответствии с характеристиками во время возникновения дуги и ограничений ее воздействия на систему или ее секции системы.

3.3.5 Распредустройство низкого напряжения - пример

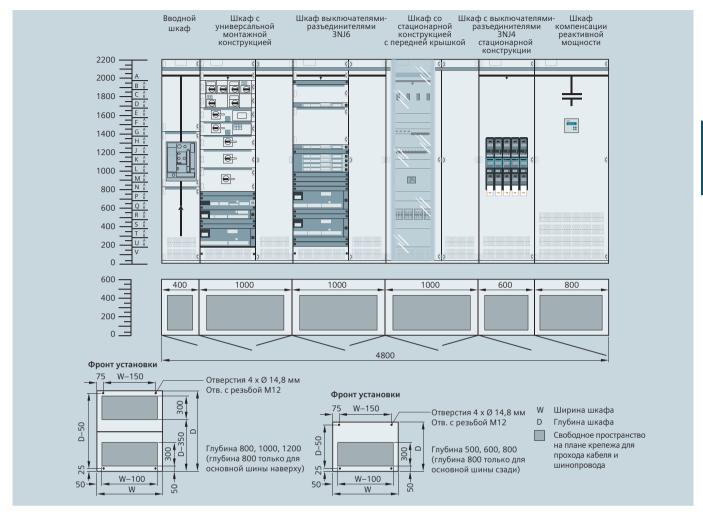


Рис. 3.3-16: SIVACON S8, положение сборной шины сзади 2,200 \times 4,800 \times 600 (В \times Ш \times Г в мм)

Тип шкафа	Шкаф с автомати- ческим выключа- телем	Шкаф с универ- сальной монтаж- ной конструкцией	Шкаф с выключа- телями-разъедини- телями 3NJ6	Шкаф со стацио- нарной конструк- цией	Шкаф с выключа- телями-разъедини- телями 3NJ4	Шкаф компенса- ции реактивной мощности
Схема монтажа	Стационарный Вы- движной модуль	Стационарный Вставной Выдвиж- ной модуль	Втычной	Щит со стационар- ной конструкцией с передней крышкой	Стационарный	Стационарный
Функция	Входящий фидер Отходящий фидер Соединение	Кабельные фидеры Моторные фидеры	Кабельные фидеры	Кабельные фидеры	Кабельные фидеры	Центральная компенсация реак- тивной энергии
Ток In	до 6300 А	до 630А /до 250 кВт	до 630 А	до 630 А	до 630 А	до 600 кВАр
Подключение	Спереди и сзади	Спереди и сзади	Передняя сторона	Передняя сторона	Передняя сторона	Передняя сторона
Ширина щита [мм]	400/600/800/ 1000/1200	600/1000/1200	1000/1200	1000/1200	600/800	800
Внутренние отсеки	1, 2b, 3a, 4b	4a, 3b, 4b	1, 3b, 4b	1, 2b, 3b, 4a, 4b	1, 2b	1, 2b
Сборные шины	Сзади/сверху	Сзади/сверху	Сзади/сверху	Сзади/сверху	Сзади	Сзади/сверху/нет

Таблица. 3.3-7: Различные варианты конструкции в зависимости от типа шкафа

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

3.3.6 Защитные и коммутационные аппараты для распределительных устройств низкого напряжения

При проектировании и применении систем электроснабжения глубокой интеграции (Totaly Integrated Power -TIP) руководства представляют собой основу для выбора характеристик распределительных щитов и описанных основных компонентов. Далее будут показаны важные характеристики и критерии выбора соответствующих устройств, которые используются в основных цепях распределения энергии, коммерческих зданиях и промышленности.

Примечание:

Все цифры действительны для низковольтных энергосистем или распределительных щитов в МЭК приложениях Для систем в соответствии со стандартом UL применяются другие правила и критерии.

В случае, если Вы имеете вопросы по UL приложениям, пожалуйста, свяжитесь со своим местным представительством Siemens. Мы предлагаем решения для обоих приложений, но рассматриваются они совершенно по-разному.

В зависимости от страны, стандартных спецификаций, местной практики, проектирующих инженеров, граничных технических критериев и т.д. системы распределения энергии низкого напряжения комплектуются разными защитными устройствами.

Коммутационные устройства с защитным выключателем (автоматический выключатель)					
ACB	Воздушный автоматический выключатель — Воздушный автоматический выключатель — Выключатель без токогораничения — Включатель нулевого тока				
MCCB	Выключатель в литом корпусе — Выключатель в литом корпусе — Токоограничивающий выключатель				
MCB	Автоматический выключатель с креплением на DIN-рейку – Автоматический выключатель с креплением на DIN-рейку	-			
MSP	Устройство защиты пуска электродвигателей- (реде перегрузки)				
MPCB	Защитный моторный автоматический выключатель — Автоматический выключатель для защиты электродвигателей				

Таблица. 3.3-8: Обзор защитных коммутационных устройств

Коммутационные устройства с предохранителями предохранитель-разъединитель / выключатель-разъединитель

SD Выключатель-разъединитель
В зависимости от типа работы эти
устройства делятся на две основные
группы:

Оператор-зависимые

Без разрывающего блокировочного механизма, с защитой (предохранители); с такими устройствами предохранитель вытаскивается/вставляется при выключении/отключении (=предохранитель-разъединитель)





С разрывающим блокировочным механизмом, с защитой (предохранители); с такими устройствами предохранитель не вытаскивается/вставляется при выключении/ отключении (=выключаель-разъединитель с предохранителем)



Оператор-независимые

 С разрывающим блокировочным механизмом, без защиты(без предохранителей); эти устройства используются только для разрыва цепи, как и главный выключатель (выключатель-разъединитель без предохранителя)





 ${\it Таблица.~3.3-9}$: Обзор коммутационных устройств с предохранителями

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

Цепи и применение устройств

(смотри также главу 3.3.2 «Определение основных характеристик систем распределения энергии»)

Базовая конфигурация системы распределения электроэнергии низкого напряжения и использование защитных устройств

Основные функции в соответствующих цепях

Питающие цепи

Задача: Защита системы Защитное устройство

АСВ (воздушный автоматический выключатель)

Распределительные цепи Задача: Защита системы Защитные устройства:

- АСВ (воздушный автоматический выключатель)
- МССВ (выключатель в литом корпусе
- SD (выключатель-разъединитель)

Групповые конечные цепи

Задача: Защита электродвигателей

Защитные устройства:

- МССВ (автоматический выключатель для защиты электродвигателей)
- SD (выключатель-разъединитель)
- MSP (3RT контактор, 3RU реле перегрузки, 3UF устройства защиты и управления Simocode)

Критерии по выбору устройства

Защитные устройства являются частью цепей и должны удовлетворять соответствующим требованиями (см. также главу 3.3.2 «Определение основных характеристик систем распределения энергии») Наиболее важные критерии выбора указаны ниже.

Основные критерии выбора

Рис. 3.3-18 показывает семь основных важных критериев выбора, которые необходимо учитывать при выборе устройства.

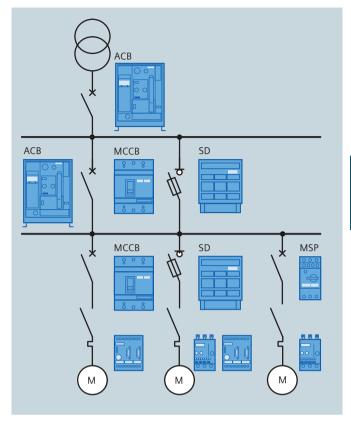


Рис. 3.3-17: Основные функции защитных устройств в конкретных

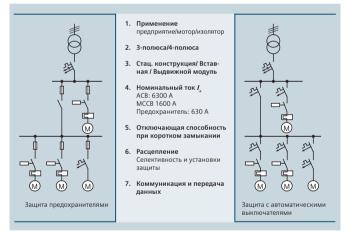


Рис. 3.3-18: Основные критерии выбора

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

3.3.7 Требования к коммутирующим устройствам в трех типах цепей

Применение устройств в питающих линиях

Питающая система - наиболее «чувствительная» цепь во всей системе распределения электроэнергии. Аварии в ней могут отразиться на всей сети и оставить здание или производство без электроэнергии. При проектировании необходимо рассмотреть наиболее неблагоприятный сценарий развития аварии. Избыточная система питания и селективная защита являются непременными условиями для надежной и безопасной конфигурации сети. Выбор правильных устройств защиты имеет основополагающие значение для создания этих условий. Некоторые ключевые данные по выбору характеристик приведены ниже.

Номинальный ток

Вводной автоматический выключатель в ЩРНВ должен иметь характеристики в соответствии с максимальной нагрузкой трансформатора/генератора. При использовании трансформаторов с принудительной вентиляцией, необходимо брать в расчет максимальный рабочий ток до $1.5 \times I_{HOM}$ трансформатора.

Устойчивость к короткому замыканию

Устойчивость к короткому замыканию вводного автоматического выключателя определяется как (n-1) х $I_{k, \text{маже}}$. трансформатора или трансформаторов (n = число трансформаторов). Это означает, что необходимо рассчитать максимальный ток короткого замыкания, который возникнет в месте установки защитного устройства для того, чтобы верно выбрать устойчивость к короткому замыканию защитного устройства (I_{cr}) . Точные расчеты максимальных токов короткого замыкания, включая ослабление на уровне среднего напряжения и по длине кабеля можно выполнить, например, с помощью программного продукта SIMARIS design. ПО SIMARIS design определяет максимальные и минимальные токи короткого замыкания и автоматически подбирает характеристики защитного устройства.

Категория применения

При расчете селективной сети, необходимо произвести отстройку защит по времени срабатывания. При использовании ступени времени защиты до 500 мс, выбранный автоматический выключатель должен иметь способность пропускать через себя ток короткого замыкания течение установленного времени. Следует помнить, что чем ближе к трансформатору, тем токи короткого замыкания выше. Способность пропускать ток определяется значением I_{m} (номинальное выдерживаемое кратковременное значение тока) автоматического выключателя; это означает, что контактная система должна иметь способность пропускать максимальный ток короткого замыкания, т.е. заключенную в нем энергию, пока автоматический выключатель не сработает. Данные требования удовлетворяются автоматическими выключателями с категорией применения В (например, воздушные автоматические выключатели, АСВ) Токоограничивающие автоматические выключатели (выключатели в литом корпусе, МССВ) срабатывают во время роста тока. Поэтому они могут быть сконструированы более компактными.

Расцепление

Для селективной конструкции сети расцепитель коммутационного модуля прерывания фидерного автоматического выключателя должен иметь LSI-характеристику. Должна быть предусмотрена возможность деактивации мгновенного расцепления (I). В зависимости от кривых расцепления вышестоящих и нижестоящих защитных устройств, характеристики фидерного автоматического выключателя в диапазоне перегрузки(L), а также диапазон запаздывания при коротком замыкании (S) должны быть по возможности переключаемыми (I^t t или I^2 t характеристики). Это облегчает адаптацию вышестоящих и нижестоящих устройств.

Вспомогательное оборудование

В зависимости от конкретной системы управления, требуются не только независимые расцепители, но и расцепители минимального напряжения.

Коммуникация

Потребность в информации о текущем состоянии, обслуживании, аварийных сообщениях и анализах постоянно растет, особенно от очень чувствительных линий питания. Также может требоваться гибкость системы в отношении дальнейшего обновления или модернизации на желаемый тип передачи данных.

Применение устройств в питающих линиях(несколько сетей) В случае, если соединение (между Сетью 1 и Сетью 2) открыто, автоматический выключатель (соединительный выключатель)

автоматический выключатель (соединительный выключатель) выполняет функцию лишь изолятора или главного выключателя. Функции защиты (расцепление) в этом случае не являются необходимыми.

Следующие соображения применяются для режима работы с включенным(закрытым) включателем:

Номинальный ток

Должен выбираться исходя из максимального возможного рабочего тока (компенсация нагрузки) Коэффициент одновременности можно принять 0.9

Устойчивость к короткому замыканию

Устойчивость к короткому замыканию определяется суммой токовых компонентов короткого замыкания, протекающих через соединение. Это зависит от конфигурации компонентов сборных шин и их питания.

Категория применения

Для систем питания, требуется категория применения В для обеспечения пропускной способности по току (значение lcw).

Расцепление

Необходимо учитывать частичное отключение с межсетевыми подключениями в вопросе надежности энергоснабжения. Т.к. через межсетевое подключение и вводной автоматический выключатель в случае короткого замыкания протекает одинаковый ток, также как и в случае параллельной работу двух трансформаторов, требуется LSI -характеристика устройства. Рекомендуется использовать специальную функцию «ступенчатой блокировки» (ZSI) для больших сетей и/или в случае, когда параметры защиты трудно определить.

Применение устройств в распределительных цепях

Распределительные цепи получают мощность от верхнего уровня (питающих цепей) и подают ее в следующий распределительный уровень (групповая конечная сеть).

В зависимости от страны, местной практики, и т.д., автоматические выключатели и предохранители могут использоваться для защиты системы.

Необходимо выполнить все спецификации по выбору характеристик цепи. АСВ выключатели имеют преимущества в случае, если требуется полная селективность. Однако, исходя из соображений стоимости, АСВ-выключатели часто используются только для распределительных сетей с номинальными токам 630 А или 800 А; АСВ не токоограничивающие устройства, что отличает их от других защитных устройств, таких как МССВ, МСВ и предохранителей.

Здесь нет возможности дать еще какие-то четкие рекомендации, таблица 3.3-10 показывает основные отличия и пределы для конкретных защитных устройств.

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

		АСВ воздуш- ный авто- матический выключатель	МССВ Вы- ключатель в литом корпусе	Предохрани- тель-разъеди- нитель	Выключа- тель-разъ- единитель с предохраните- лями	MCB авто- матический выключатель на DIN -рейку	Контрольные величи- ны, спецификации	
Стандарты	МЭК	Да	Да	Да	Да	Да	Регион	
Применение	Защита системы	Да	Да	Да	Да	Да	Система электроснаб- жения	
Установка	Стационарный	Да	Да	Да	Да	Да	Готовность	
	Вставная	-	до 630 А	-	Частично	-		
	Выдвижной модуль	Да	Да	-	-	-		
Номинальный ток	I_n	6 300 A	1 600 A	630 A	630 A	125 A	Рабочий ток $I_{_{\!R}}$	
Отключающая способность при коротком замы- кании	I	до 150 кА	до 100 кА	до 120 кА	до 120 кА	до 25 кА	Максимальный ток короткого замыкания $I_{k,\text{\tiny MAKC.}}$	
Пропускная способность по току	I_{cw}	до 80 кА	до 5 кА	-	-	-	Цепи	
Число полюсов	3-полюса	Да	Да	Да	Да	Да	Система электроснабжения	
	4-полюса	Да	Да	-	Частично	-		
Характеристика	ETU	Да	Да	-	-	-	Система электроснабжения	
защиты	TM	-	до 630 А	Да	Да	Да		
Функция отклю-	LI	Да	Да	Да*	Да*	Да	Система электроснаб-	
чения	LSI	Да	Да	-	-	-	жения	
	N	Да	Да	-	-	-		
	G	Да	Да	-	-	-		
Характеристики	Фиксированные	-	Да	Да	Да	Да	Система электроснаб-	
	Настраиваемые	Да	Да	-	-	-	жения	
	Опционально	Да	Да	-	-	-		
Защита от поражения электрическим током, условия отключения	Определение Ік мин	Нет ограничений	Нет ограничений *)	Зависит от длины кабеля	Зависит от длины кабеля	Зависит от длины кабеля	Минимальный ток короткого замыкания $I_{_{k_{\mathit{MUM}}}}$	
Коммуникация	Высокая	Да	-	-	-	-	Спецификация заказ- чика	
(передача данных)	Средняя	Да	Да	-	-	-		
	Низкая	Да	Да	Да	Да	Да		
Активация	Местная	Да	Да	Да	Да	Да	Спецификация	
	Удаленная(мотор)	Да	Да	-	Частичная	-	заказчика	
Снижение на- грузки при росте температуры	Полный номиналь- ный ток до	60 °C	50 °C	30 °C	30 ℃	30 °C	Распредустройство	
Синхронизация системы	Да	Да	до 800 А	-	-	-	Система электроснабжения	

Таблица. 3.3-10: Обзор защитных устройств; *) с ETU Нет ограничений/ с TMTU; зависит от длины кабеля

В данном случае привести какие-то четкие рекомендации невозможно. В табл. 3.3-10 приведены основные отличия и пределы для конкретных защитных устройств.

Применение устройств для групповых конечных цепей

Групповые конечные цепи получают энергию от распределительной цепи и подают ее потребителю (например, мотор, лампа, нестационарная нагрузка (розетки) и т.д.). Защитные устройства должны удовлетворять требованиям потребителя, которого они

защищают.

Примечание:

Все параметры защиты, сравнения, характеристические кривые, и т.д. всегда начинайте с нагрузки. Это означает, что нет необходимости применять защитные устройства с регулируемыми временными ступенями защиты в групповых конечных цепях.

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

3.3.8 Шинопроводные системы

Общие замечания

При разработке концепции системы энергоснабжения крайне важно не только соблюдать стандарты и правила, но и также обсудить и выяснить технико-экономические взаимосвязи. Выбор оборудования и его типоразмера, таких как распределительные щиты и трансформаторы, должен выполняться таким образом, чтобы обеспечить прежде всего наиболее оптимальный результат в целом, вместо фокусирования на конкретных компонентах.

Все компоненты должны иметь достаточную номинальную мощность, чтобы выдержать рабочие эксплуатационные условия, а также аварийные ситуации. Другие важные аспекты, которые необходимо рассмотреть для создания энергетической концепции:

- Тип, использование и форма здания (например, высотное здание, низкое здание, многоэтажное здание)
- Энергоузлы и возможные пути прокладки линий, а также расположение трансформаторов и основных распределительных
- Удельные нагрузки в соответствии с типом использования
- Предписания и условия со стороны архитектурных бюро
- Требования оператора распределительной энергосети

Результатом никогда не будет только одно решение. Необходимо дать оценку нескольким вариантам исходя из технических и экономических аспектов. Следующие требования представляют наибольший интерес:

- Простое и прозрачное проектирование
- Длительный срок службы
- Высокий коэффициент готовности
- Низкая пожарная нагрузка
- Гибкая адаптация к изменениям в здании

Для удовлетворения этим требованиям во многих приложениях предлагается использование подходящих систем шинопроводов По этой причине, проектировочные компании предпочитают использование системы шинопроводов вместо кабельной системы для передачи и распределения мощности. Siemens предлагает системы шинопроводов с токами от 25 А до 6300 А.

Замечания по проектированию

Рассматривая сложность современных строительных объектов, прозрачность и гибкость системы распределения мощности является обязательными требованиями. В промышленности фокус направлен на постоянство электроснабжения, как необходимое условие для производства в несколько смен. Система шинопроводов отвечает всем этим требованиями в области эффективного распределения энергии, будучи легко проектируемой, устанавливаемой и обеспечивая высокий уровень гибкости и безопасности. Преимущества системы шинопроводов:

- Прямолинейная конфигурация сети
- Малое занимаемое пространство
- Простая модификация в случае изменений расположения и потребительской нагрузки
- Высокая стойкость к коротким замыканиям и низкая пожарная нагрузка
- Увеличение эффективности проектирования

Передача мощности

Мощность от трансформатора до низковольтного распредустройства передается через компоненты системы шинопроводов. Эти компоненты установлены между трансформатором и основным распределительным щитом, затем идет разветвление к локальным распределительным системам.

Для передачи мощности используются элементы шинопровода без точек отбора мощности. Они доступны в стандартных размерах длины. Помимо стандартной длины, заказчик также может выбрать специфическую длину в широких пределах для соответствия индивидуальным конструктивным требованиям.

Распределение мошности

Распределение мощности является основной областью применения систем шинопроводов. Точки подключения могут варьироваться и меняться по желанию в пределах всей силовой распределительной системы.

Для того, что произвести съем мощности, необходимо установить отводной блок на шинопровод в точке подключения. Таким образом, могут создаваться прямолинейные системы распределения или в масштабах целых районов. Точки подключения выполняются либо на двух, либо только на одной стороне системы шинопроводов.

Для каждой системы шинопроводов доступно большое количество отводных блоков для подключения оборудования и электроснабжения.

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

Характеристика	Кабель	Шинопровод
Проектирование, расчеты	Высокая стоимость расчетов; местоположение потребителей должно быть определено	Гибкая локация потребителей, необходимо знать только суммарную мощность
Расширения, изменения	Высокая стоимость, прерывания в работе, риск повреждения изоляции	Низкая стоимость, т.к. отводные блоки можно подключать на "горячую"
Необходимое пространство	Большие требования к пространству за счет радиусов изгиба и требуемого расстояния между кабелями	Компактное изменение направления и подключения
Зависимость от температуры	Пределы определяются методом укладки и аккумуляцией кабеля Коэффициент снижения мощности при росте температуры необходимо рассчитать/определить	Сертифицированное распредустройство, пределы берутся из каталогов
Без галогена	Кабели ПВХ содержат галоген; кабели без галогена очень дорогие	Принципиально не содержат галогена
Пожарная нагрузка	Пожарная нагрузка с кабелями ПВХ в 10 раз больше, а с полиэти- леновый изоляцией в 30 раз больше чем сборные шины	Очень низкая, смотри каталог
Сертифицированная конструкция распредустройства	Безопасность эксплуатации зависит от версии	Протестированная система, невзаимозаменяемые установки

Таблица. 3.2-11: Сравнение кабеля/сборной шины

Системы

Система BD01 до 160 A

Система шинопроводов для распределения энергии в торговле и коммерции:

- Высокая степень защиты IP55
- Гибкое энергоснабжение
- Простое и быстрое проектирование
- Малые затраты по времени на монтаж
- Надежные механические и электрические соединения
- Высокая стабильность, низкий вес
- Малое количество основных модулей
- Модульная система снижает необходимый ЗИП
- Свободное изменение направления
- Многофункциональные модули съема мощности
- Принудительно открываемые и закрываемые точки подключения

Система BD2 до 1250 A

Система шинопроводов для распределения энергии в производстве:

- Высокая степень защиты IP55
- Простое и быстрое проектирование
- Экономичный и быстрый монтаж
- Безопасная и надежная работа
- Гибкая, модульная система, обеспечивающая простые решения для каждого приложения
- Продвинутое проектирование распределения энергии без четкого знания местоположения устройств
- Моментальная готовность к работе благодаря простому и быстрому монтажу
- Инновационная конструкция:
- Модули съема мощности и точки съема могут кодироваться на заводе
- Расширяемость

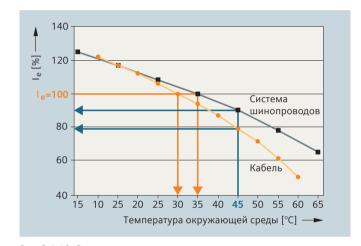


Рис. 3.1-19: Сравнение падение мощности от температуры окружающей среды

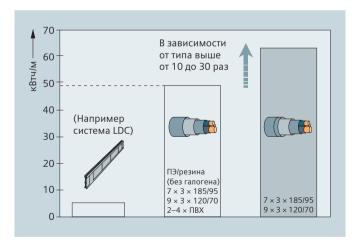


Рис. 3.1-20: Сравнение пожарной нагрузки при номинальном токе 2000 A

3.3. Распределительные устройства низкого напряжения

Система LD до 5000 A

Наилучшая система шинопроводов для распределения энергии

- Степень защиты от IP34 до IP54
- Простой и быстрый монтаж
- Безопасная и надежная эксплуатация
- Экономия места, компактный дизайн, до 5000 А в одном корпусе
- Съемные отводные блоки до 1250 А
- Сертифицированные подключения к распределительным щитам и трансформаторам

Система LX до 6300 A

Система шинопроводов для передачи и распределения энергии в зданиях:

- Высокая степень защиты IP55
- Простой и быстрый монтаж
- Безопасная и надежная эксплуатация
- Отводные блоки до 1250 А
- Сертифицированные подключения к распределительным щитам и трансформаторам

Система LR до 6150 A

Система шинопроводов для передачи энергии в экстремальных условиях окружающей среды (IP68):

- Надежная и безопасная работа
- Быстрый и простой монтаж
- Системы с литой изоляцией до 6150 А
- Безопасные подключения к распределительным щитам и трансформаторам
- Высокий уровень защиты IP68 для уличного применения

Системы шинопроводов с возможностью коммуникации Функциональные расширения для коммуникации комбинируются с модулями съема мошности:

- Для использования с системами BD01, BD2, LD и LX
- Применения:
 - Широкомасштабное управление освещением
- Удаленное переключение и сигнализация в промышленных
- Учет потребления распределенных отводных блоков
- Подключение к KNX / EIB, AS-интерфейс и к шине PROFIBUS
- Простое подключение к шине с помощью метода удаления
- Простое и быстрое проектирование
- Гибкость для расширения и модификации
- Модульная система
- Возможна модернизация существующих установок

Дальнейшая информация

Руководство по выбору систем сборных шин Вы можете заказать систему шинопроводов до 1250 А вместе с руководством по выбору

Доступны следующие конфигурации:

- SIVACON 8PS система BD01, 40 ... 160 A
- SIVACON 8PS система BD2, 160 ... 1,250 A

Руководство по выбору доступно через Industry Mall (www. siemens.com/industrymall) и содержится на DVD в каталоге CA 01. Этот DVD доступен бесплатно в Вашем офисе продаж Siemens

Руководство

Системы шинопроводов SIVACON 8PS –

Проектирование с SIVACON 8PS

- Немецкий: заказной номер А5Е 01541017-02
- Английский: заказной номер А5E 01541117-02

Чтобы энергия текла безопасно - SIVACON 8PS системы шинопрово-

- Немецкий: заказной номер E10003-E38-9B-D0010
- Английский: заказной номер E10003-E38-9B-D0010-7600

Для дальнейшей информации:

http://www.siemens.com/sentron http://www.siemens.com/sivacon http://www.siemens.com/tip

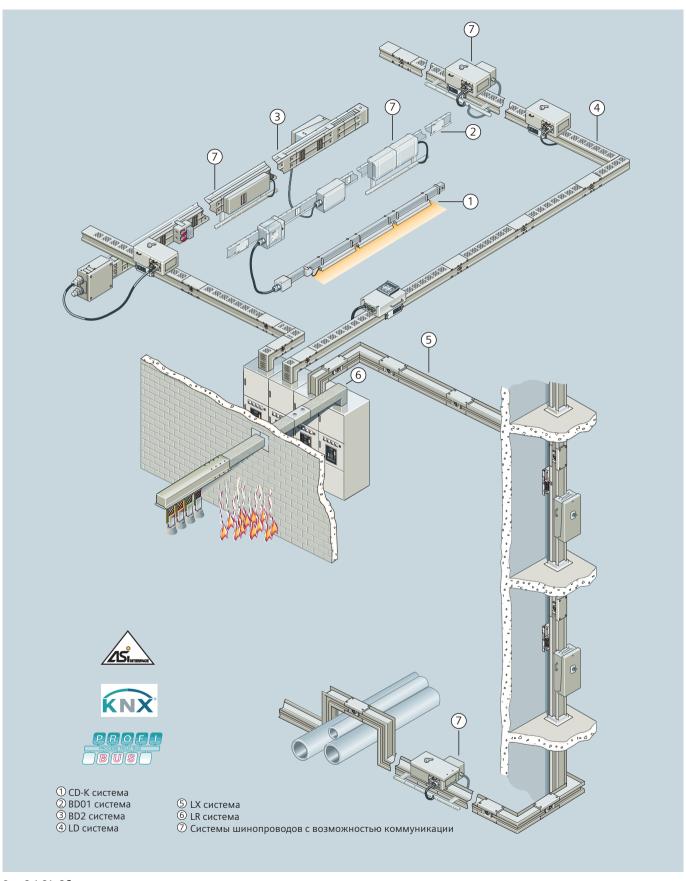
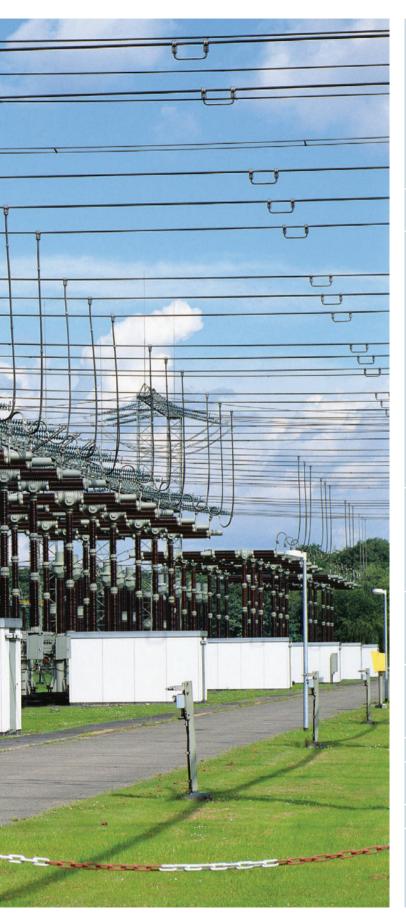


Рис. 3.1-21: Обзор систем шинопроводов





4.1	Высоковольтные выключатели	144
4.1.1	Выключатели с номинальным напряжением 72.5 — 800 кВ	144
4.1.2	Колонковые выключатели с номинальным напряжением 72.5 – 800 кВ	148
4.1.3	Баковые выключатели с номинальным напряжением 72.5 – 500 кВ	151
4.1.4.	Помпактные коммутационные модули DTC с номинальным напряжением до 245 кВ	154
4.1.5.	DCB – выключатель-разъединитель	156
4.2	Высоковольтные разъединители	158
4.2.1	Разъединители и заземлители	158
4.3	Технология коммутации в вакууме и компоненты среднего напряжения	167
4.3.1	Обзор вакуумного коммутационного оборудования	167
4.3.2	Выбор оборудования по номинальным данным	168
4.3.3	Вакуумные выключатели	170
4.3.4	Вакуумные выключатели для переключения генераторов	175
4.3.5	Вакуумные выключатели наружной установки	176
4.3.6	Устройства автоматического повторного включения (АПВ)	177
4.3.7	Вакуумные контакторы	178
4.3.8	Комбинированное устройство контактор- предохранитель	179
4.3.9	Разъединители и выключатели-разъединители	182
4.3.10	Заземляющие ножи	183
4.4	Низковольтные устройства	184
4.4.1	Требования к низковольтным устройствам в трех типах цепей	184
4.4.2	Низковольтные защитные и коммутационные устройства	186
4.4.3	Подраспределительные системы	188
4.5	Ограничители перенапряжений	190
4.5.1	Высоковольтные ограничители перенапряжений	190
4.5.2	ОПН и ограничители среднего и низкого напряжения	192
4.6	Измерительные трансформаторы	195
4.6.1	Измерительные трансформаторы высокого напряжения	195
4.6.2	Силовые трансформаторы напряжения	202
4.7	Реакторы	210
4.8	Вводы	213
4.8.1	Высоковольтные вводы	213
4.9	Плавкие предохранители среднего напряжения	217
4.10	Полимерные длинностержневые изоляторы для воздушных ЛЭП	218
4.10.1	Длинностержневые полимерные изоляторы типа з высокие характеристики и надежность	3FL - 218

4 Продукты и устройства

4.1 Высоковольтные выключатели

4.1.1 Выключатели с номинальным напряжением 72.5 - 800 кВ

Выключатели являются главным устройством ОРУ и КРУЭ. Они должны соответствовать высоким требованиям к:

- Надежности при включении и отключении
- Отключающей способности при коммутации номинальных токов и токов КЗ даже после многих коммутационных операций
- Высокой отключающей способности, надежности и приводу, не требующему обслуживания.

Компания Сименс применяет при разработке своих выключателей самые современные технологии и многолетний опыт эксплуатации. Это позволяет выключателям Сименс соответствовать высоким требованиям к высоковольтным коммутационным аппаратам.

Система управления качеством сертифицирована по DIN EN ISO 9001. Она включает разработку, изготовление, сбыт, ввод в эксплуатацию и пост-продажное обслуживание. Испытательные лаборатории аккредитованы по EN 45001 и PEHLA/STL.

Модульный принцип

Выключатели для ОРУ являются отдельными устройствами и соединены со всеми прочими устройствами ОРУ.

Благодаря применяемому модульному принципу, все выключатели Сименс для ОРУ или КРУЭ изготавливаются из одних и тех же компонентов рис. 4.1-1):

- Дугогасительное устройство
- Привод
- Система герметизации
- Тяга привода
- Система управления

Дугогасительное устройство - принцип автокомпрессии

В выключателях компании Сименс с номинальным напряжением 72,5—800 кВ применяются дугогасительные камеры с автокомпрессией для обеспечения лучшей коммутационной способности во всех режимах и для всех уровней напряжения.

Выключатели с принципом автокомпрессии Выключатели типа ЗАР для всех уровней напряжения обеспечивают оптимальное использование тепловой энергии дуги в контактном цилиндре. Это возможно благодаря дугогасительной камере с автокомпрессией.

Компания Сименс запатентовала этот способ гашения дуги в 1973 году. С тех пор компания Сименс продолжала развивать технологию дугогасительной камеры с автокомпрессией. Одной из инноваций этой технологии является использование энергии дуги для ее гашения. При отключении короткого замыкания, использование энергии дуги снижает механическую энергию привода, необходимую для размыкания контактов.

Это означает, что энергия привода действительно сведена к минимуму. Дугогасительное устройство с автокомпрессией позволяет использовать компактный пружинный привод, который обеспечивает практически неограниченную эксплуатационную надежность.

Пружинный привод - для всех выключателей

Привод является главным компонентом высоковольтного выключателя. Привод выключателей типа ЗАР основан на принципе запасания механической энергии в пружине. Применение такого типа привода для выключателей с номинальным напряжением до 800 кВ стало возможным благодаря разработке дугогасительной камеры с автокомпрессией, которой требуется минимальная энергия для задействования.

Пружинный привод обладает следующими преимуществами:

- Максимально высокая степень эксплуатационной безопасности: Простая и прочная конструкция с небольшим количеством подвижных деталей, использующая аналогичный принцип для номинальных напряжений от 72,5 кВ до 800 кВ. Благодаря автокомпрессионной конструкции дугогасительной камеры усилие привода должно быть минимальным.
- Длительный срок эксплуатации: минимальные усилия на защелке и подшипниках обеспечивают надежность и малый износ при передаче усилий.
- Привод не требует обслуживания: привод оснащен прямозубыми шестернями, что обеспечивает расцепление без нагрузк.

Выключатели Сименс с номинальным напряжением 72.5-800 кВ оснащены дугогасительными устройствами с автокомпрессией и пружинными приводами.

Для особых технических требований таких как токи отключения 80 кА, компания Сименс может предложить выключатели типа 3AQ с двойным соплом или 3AT с электрогидравлическим приводом.

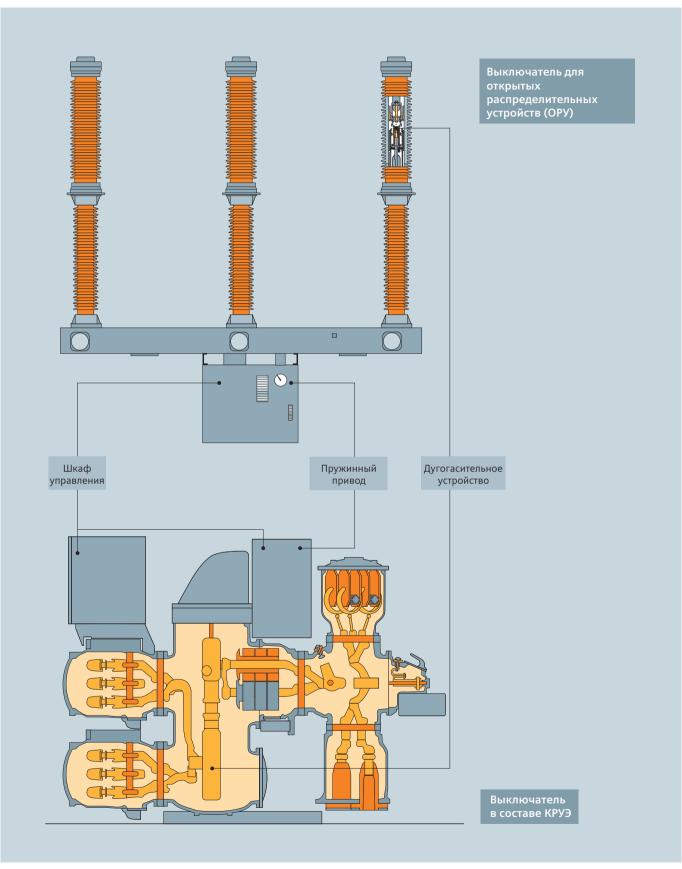


Рис. 4.1-1: Основные элементы выключателя: выключатель открытой установки (сверху), выключатель в составе КРУЭ (снизу)

Дугогасительное устройство: автокомпрессия

Главная контактная система

Главная контактная система состоит из держателя контактов (2), нагревательного цилиндра (7) и подвижного контактного цилиндра (6). В положении «ВКЛ», ток течет через главный контакт (4) и контактный цилиндр (6) (рис. 4.1-2).

Отключение номинальных токов

При отключении сначала размыкается главный контакт (4), и ток протекает через дугогасительный контакт, который все еще замкнут. Далее размыкается дугогасительный контакт (5) и между контактами возникает дуга. В тоже время, контактный цилиндр (6) движется внутрь нагревательного цилиндра (7) и сжимает элегаз, находящийся там. При этом создается поток газа через контактный цилинд (6) и сопло (3) в направлении дугогасительного контакта, который гасит дугу.

Отключение токов КЗ

При отключении больших токов КЗ элегаз существенно нагревается под воздействие энергии дуги. Это приводит к росту давления в контактном цилиндре. Далее при отключении это повышенное давление создает поток газа через сопло (3), который гасит дугу. В этом случае энергия дуги использована для отключения тока КЗ. Таким образом, нет необходимости получать эту энергию от привода.

Основные особенности:

- Дугогасительное устройство с автокомпрессией
- Использование тепловой энергии дуги
- Минимальное потребление энергии
- Высокая надежность на длительный срок.

Привод

Пружинный привод

Выключатели Сименс с номинальным напряжением до 800 кВ оснащены пружинными приводами. Эти приводы используют тот же принцип, что применялся в выключателях Сименс низкого и среднего напряжения на протяжении десятилетий. Исполнение привода просто и надежно, при малом количестве подвижных частей и неподверженности защелки воздействию вибраций, оно обеспечивает высокую надежность. Все части привода, устройства управления и мониторинга и ряды клеммных зажимов расположены в компактном шкафу привода.

В зависимости от исполнения привода, энергия, необходимая для выполнения коммутационных операций, передается одному полюсу (при однополюсном исполнении выключателя) или трем полюсам (при трехполюсном исполнении).

Принцип действия привода с прямозубой шестеренкой и защелкой одинаков для всех типов выключателей (рис. 4.1-3 и 4.1-4). Различие между типами приводов заключается в количестве, размере и расположении включающих и отключающих пружин.

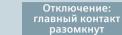
Основные особенности

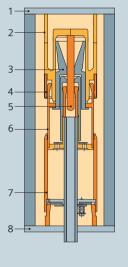
- Простая и надежная конструкция, малое количество подвижных частей
- Привод не требует обслуживания
- Защелки не подвержены воздействию вибраций
- Отсоединение привода без усилий
- Простой доступ
- 10 000 коммутационных циклов

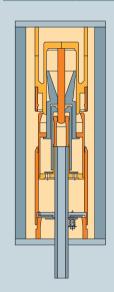
1 Ввод выключателя 2 Держатель контактов

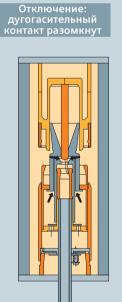
Положение «ВКЛ»

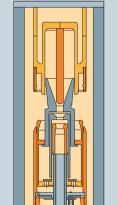
- 3 Сопло
- 4 Главный контакт
- 5 Дугогасительный контакт
- 6 Контактный цилиндр
- 7 Опорная пластина
- 8 Клеммная коробка











Положение «ОТКЛ»

Рис. 4.1-2: Дугогасительное устройство

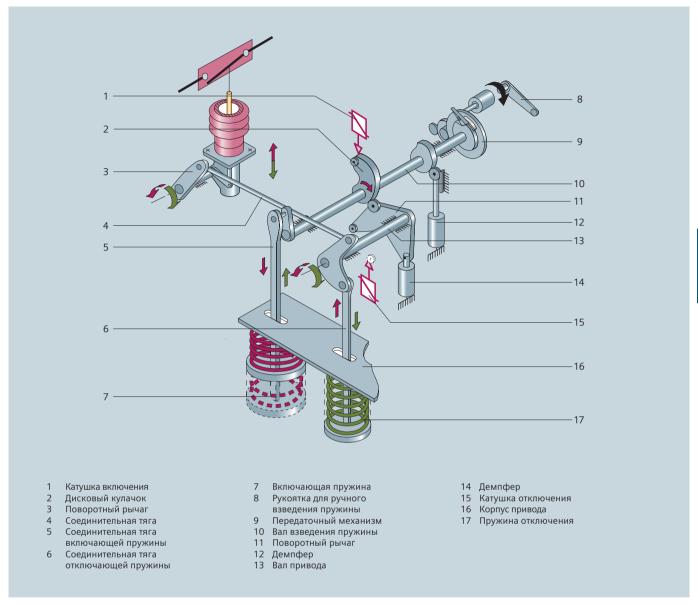


Рис. 4.1-3: Пружинный привод

В шкафу управления расположены все устройства, необходимые для управления и мониторинга, такие как:

- Манометры или датчики плотности элегаза
- Реле сигнализации и блокировки
- Счетчик коммутационных операций (опция)
- Органы местного управления выключателем (опция)
- Устройства антиконденсатного обогрева

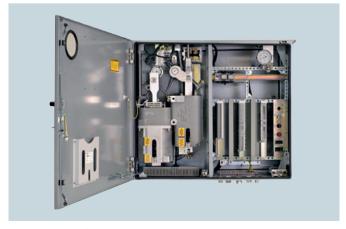


Рис. 4.1-4: Шкаф управления

4.1.2 Колонковые выключатели с номинальным напряжением 72.5 – 800 кВ

Колонковые выключатели для ОРУ.

Дугогасительная камера колонкового выключателя не заземлена во время работы. Она находится под высоким напряжением, поэтому такие выключатели называются «live-tank».

Колонковые выключатели выпускаются для классов напряжения 72,5 – 800 кВ. Основными компонентами колонкового выключателя являются (рис. 4.1-5, 4.1-7, 4.1-8):

- Дугогасительная камера
- Пружинный привод
- Опорный изолятор
- Тяга привода
- Опорная конструкция
- Устройство управления

Выключатели типа 3AP1 с номинальным напряжением до 300 кВ имеют одну дугогасительную камеру на полюс, выключатели типа 3AP2 с номинальным напряжением до 550 кВ имеют две дугогасительные камеры на полюс. Выключатели с номинальным напряжением 362 и 550 кВ могут быть оснащены предвключатемыми резисторами (3AP3). Выключатели типа 3AP4 имеют 4 дугогасительные камеры на полюс и так же могут быть оснащены предвключаемыми резисторами (3AP5).

Кроме того, наши выключатели изготавливаются в трехполюсном исполнении (FG) с опорной рамой (рис. 4.1-9), в однополюсном исполнении с общей опорной рамой (FE) и в однополюсном исполнении с раздельными опорными рамами (FI).

Выключатели Сименс безопасны в эксплуатации и способны выдерживать большие механические нагрузки. Фарфоровые изоляторы и применение при проектировании новейших математических методов позволяют выключателям выполнять свои функции на протяжении всего срока службы до 50 лет (таблица 4.1-1).

Простота конструкции и применение унифицированных деталей обеспечивают высокую надежность. Опыт Сименс, полученный из эксплуатации многих выключателей, применен для улучшения их конструкции. Дугогасительная камера с автокомпрессией, к примеру, доказала свою надежность в более, чем 10 000 выключателей по всему миру.

Колонковые вакуумные выключатели

Основываясь на сорокалетнем опыте производства более 3 миллионов вакуумных выключателей среднего напряжения, компания Сименс применяет эту проверенную технологию для сетей высокого напряжения.

К новому представителю линейки выключателей предъявляются те же высокие требования, что и к элегазовым выключателям, касающиеся высокой надежности в течение всего срока службы. Это выключатель изготовлен по нашей модульной схеме.

Новый вакуумный выключатель типа 3AV1 имеется следующие технические преимущества: высокую эксплуатационную надежность, отсутствие необходимости в обслуживании даже при частых коммутациях, а так же экологичность – гашение дуги происходит в вакууме, для изоляции применяется азот. Этот выключатель будет правильным выбором для проектов с широкой областью применения.

Полный набор испытаний по новейшей редакции IEC 62271-100 подтвердил надежность вакуумных выключателей с номинальным напряжением 72.5 кВ.



Рис. 4.1-5: Полюс выключателя 800 кВ типа ЗАР4

Опыт эксплуатации

Прототипы вакуумных выключателей Сименс уже были установлены на подстанциях в Европе. Несколько наших клиентов в Европе опробовали эти выключатели и поделились с нами опытом их эксплуатации. Фактически, к настоящему моменту были проведены и задокументаированы несколько тысяч коммутационных операций (рис. 4.1-10).

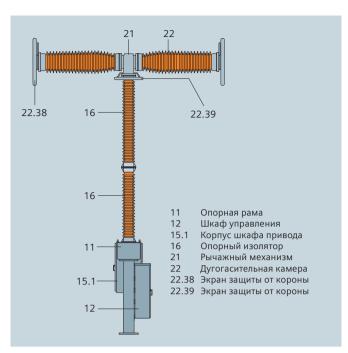


Рис. 4.1-6: Выключатель 550 кВ типа ЗАР2FI

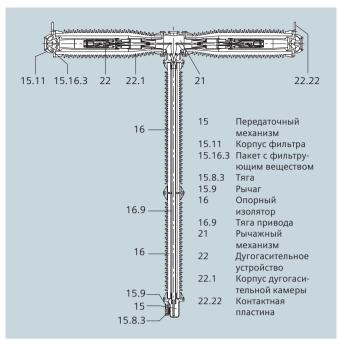


Рис. 4.1-7: Разрез полюса выключателя

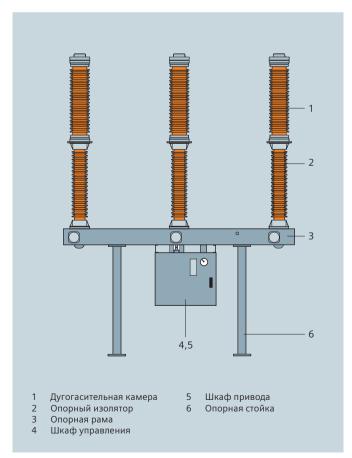


Рис. 4.1-8: Выключатель 145 кВ типа ЗАР1 FG с 3-полюсным приводом



Рис. 4.1-9: Выключатель 145 кВ типа 3AP1 FG

Продукты и устройства

4.1 Высоковольтные выключатели

Тип				3AP1				3A	P2		3AP4
Номинальное напряжение	[ĸB]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800
Количество дугогасительных камер на полюс				1				2	2		4
Испытательное напряжение промышленной частоты	[ĸB]	140	230	275	325	460	460	520	610	800	830
Испытательное напряжение грозового импульса	[ĸB]	325	550	650	750	1 050	1 050	1 175	1 425	1 550	2 100
Испытательное напряжение коммутационного импульса	[ĸB]	-	-	-	-	-	850	950	1 050	1 175	1 425
Номинальный ток, не более	[A]	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	5 000	5 000	5 000	5 000
Ток термической стойкости (1с / 3 с)	[KA (CK3)]	40	40	40	40	50	40	50	50	63	63
Ток электродинамической стойкости	[кА _{(пик.}	108	108	108	108	135	108	170	170	170	170
Номинальный ток отключения, не более	[кА _(СКЗ)]	40	40	40	40	50	40	63	63	63	63
Температурный диапазон	[°C]				- 30	или – 40	+ 40 ו	или + 50			
Коммутационный цикл					0-0.3 c-l	ВО-3 мин	н-ВО или	BO-15 c-	ВО		
Номинальное время отключения				3 цикла					2 цикла		
Номинальная частота	[Гц]					50/60)				50
Напряжение цепей управления	[B, DC]					48	250				
Напряжение питания привода	[B, DC]				4	8/60/110)/125/220	0/250			
	[B, AC]				120 2	240, 50 Г	ц; 120	280, 60	Гц		
Габариты высота	[MM]	3 810	4 360	4 360	4 810	6 050	6 870	6 200	6 200	7 350	9 740
ширина	[MM]	3 180	3 880	3 880	4 180	6 640	8 235	8 847	9 847	13 050	19 400
длина	[MM]	660	660	660	660	880	880	4 380	4 380	5 050	10 470
Междуфазное расстояние (мин.)	[MM]	1 350	1 700	1 700	1 850	2 800	3 600	4 000	4 500	6 000	9 000
Масса выключателя	[кг]	1 350	1 500	1 500	1 680	2 940	3 340	5 370	5 370	7 160	16 200
Техническое обслуживания после						2	5 лет				
Значения согласно МЭК; другие значения по запросу											

Таблица 4.1-1: Технические характеристики выключателей ЗАР1, ЗАР2 и ЗАР4

4.1.3 Баковые выключатели с номинальным напряжением 72.5 - 500 кВ

Баковые выключатели

В отличие от колонковых выключателей, дугогасительное устройство баковых выключателей находится в металлическом корпусе (баке), который всегда заземлен. Поэтому они и называются баковыми. В некоторых случаях баковые выключатели могут быть предпочтительны при проектировании ПС вместо колонковых выключателей. Баковые выключатели обладают преимуществом, если для релейной защиты требуется несколько обмоток трансформаторов тока. Для таких решений Сименс предлагает баковые выключатели для различных уровней напряжения (рис. 4.1-11, 4.1-12, 4.1-13).

Наиболее важные характеристики баковых выключателей:

- Трансформаторы тока на вводах, обеспечивающие компактность конструкции
- Высокие токи отключения (до 63 кА при одном разрыве на полюс)
- Нет утечки тока вдоль дугогасительной камеры
- Малые импульсные нагрузки на основание
- Низкий центр тяжести, обеспечивающий сейсмическую устойчи-
- Смесь газов или система обогрева, применяемая для районов с холодным климатом
- Элегазовая изоляция, обеспечивающая максимальную функциональность при минимальном обслуживании
- Дугогасительное устройство в заземленном металлическом корпусе (баке.

Трансформаторы тока (ТТ)

Баковые выключатели могут быть оснащены трансформаторами тока, установленными на вводах, которые применяются для цепей измерения и защиты. Трансформаторы тока соответствуют международным стандартам таким как IEC. ANSI и т.п. Трансформаторы тока устанавливаются в корпусе, защищенном от воздействия погодных факторов на обоих сторонах полюса выключателя в основании ввода. Вторичные цепи выводятся в шкаф трансформаторов тока. Стандартный корпус позволяет устанавливать до трех обмоток на одном вводе.

Баковые выключатели типа ЗАР DT безопасны в эксплуатации и могут выдерживать высокие нагрузки. Фарфоровые вводы высокой прочности и оптимизированная конструкция позволяют выключателям выдерживать воздействия землетрясений. Баковые выключатели работоспособны в диапазоне температур от -60 $^{\circ}$ C до +55 $^{\circ}$ C с изоляцией из чистого элегаза, что позволяет применять их во всех климатических зонах.

Как и в прочих выключателях, в наших баковых выключателях применяются модульная конструкция, дугогасительное устройство с автокомпрессией и пружинный привод. Это обеспечивает высокую коммутационную способность при отключении номинальных токов и токов короткого замыкания даже после множества коммутационных операций.



Рис. 4.1-10: Баковый выключатель 72.5 кВ типа SPS2



Рис. 4.1-11: Баковый выключатель 145 кВ типа ЗАР1



Рис. 4.1-12: Баковый выключатель 362 кВ типа SPS2 / 3AP1

Продукты и устройства

4.1 Высоковольтные выключатели

Типы баковых выключателей

Тип SPS2 и ЗАР DT

Выключатели типа SPS2 применяются в США и странах, где действуют стандарты ANSI, выключатели типа 3AP DT предлагаются на рынках, где действуют стандарты IEC. Оба типа выключателей разработаны для применения в сетях с номинальным напряжением от 72,5 до 550 кВ (таблица 4.1-2), В 2012 году в линейке баковых выключателей появились два новых представителя с отключением двумя циклами на номинальное напряжение 245 и 362 кВ, они имели большой успех на рынке (рис. 4.1-13).

Конструкция

Баковые выключатели (кроме выключателей 550 кВ) состоят из трех одинаковых полюсов, установленных на одну раму. Усилие передается от пружинного привода через систему тяг и рычагов к подвижному контакту дугогасительного устройства.

Присоединение ВЛ и ошиновки осуществляется через вводы с элегазовой изоляцией. Изоляторы могут быть фарфоровыми или полимерными (трубка из стекловолокна, юбки изолятора из кремнийорганической резины).

Баки и вводы заполнены элегазом под давлением 6,0 бар. Элегаз является изолирующим и дугогасительным средством.

Выключатели типа 3AP2/3 DT с номинальным напряжением 550 кВ (рис. 4.1-14, 4.1-15) имеют два последовательно соединенных дугогасительных устройства, что обеспечивает простоту конструкции. Проверенная система гашения дуги обеспечивает безотказное оперирование, гашение дуги и длительный срок эксплуатации даже при частых коммутациях.

Благодаря постоянным новым разработкам, оптимизации и контролю качества, дугогасительные камеры с автокомпрессией производства Сименс соответствуют всем требованиям к современному высоковольтному оборудованию.

В шкафу управления, установленном на выключателе, находятся пружинный привод и устройства управления выключателем. Дугогасительные устройства полюсов расположены в алюминиевых корпусах. Дугогасительные устройства используют принцип автокомпрессии.

Для баковых выключателей применяется пружинный привод того же типа, что и для колонковых выключателей типа ЗАР, КРУЭ и модулей DTC. Этак конструкция привода применяется уже в течение более, чем 10 лет, и это задокументированный рекорд надежной работы.

По заказу могут быть установлены до 4 (в особых случаях – до 6) трансформаторов тока на фазу. Трансформаторы тока устанавливаются вне бака выключателя и могут быть сняты без демонтажа вводов.

Технические характеристики							
Тип			3	AP1 DT / SPS	2		3AP1 DT / SPS2
Номинальное напряжение	[ĸB]	72.5	123	145	245	362	550
Испытательное напряжение промышленной частоты	[ĸB]	140/ 160	230/260	275 / 310	460	520	800/860
Испытательное напряжение грозового импульса	[ĸB]	325/350	550	650	1 050	1 380	1 865 / 1 800
Испытательное напряжение коммутационного импульса	[ĸB]	-	-	-	-	1 095	1 350
Номинальный ток, не более	[A]	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000 / 5 000
Номинальный ток отключения, не более	[ĸA]	40	40	63	63	63	63
Тип привода		Пружинный					

Таблица 4.1-2: Технические характеристики бакового выключателя

Привод выключателя

Для баковых выключателей типа SPS2 и ЗАР DT применятся пружинный привод типа FA. Включающая и отключающая пружины взведены для выполнения циклов «О-В-О». Защищенный от воздействия погодных факторов шкаф (степень защиты IP 55) имеет большую дверь, герметизированную с помощью резиновой прокладки для простого доступа при проверках и обслуживании. Для предотвращения образования конденсата предусмотрены вентиляционные отверстия, а так же система обогрева, которая выравнивает температуру внутри и снаружи шкафа.

Система управления имеет все необходимые компоненты, которые обычно применяют для этой цели. Вторичные обмотки трансформаторов тока так же выведены в шкаф.

Возможны различные варианты питания цепей управления, привода и обогрева. В зависимости от требований заказчика, доступны две стандартные версии системы управления.

Базовая версия

Базовая версия включает в себя все необходимые устройства контроля и мониторинга, необходимые для оперирования выключателем. Дополнительно к элементарным функциям имеются:

- 19 вспомогательных контактов (9 НО, 9 НЗ и 1 скользящий контакт)
- Счетчик операций
- Кнопки местного управления.

Компактная версия

Дополнительно к базовой версии имеются:

- Контроль взведения пружины по времени работы двигателя
- Контроль обогрева (по потребляемому току)
- Освещение и розетка для упрощения работ по обслуживанию
- Защита от перенапряжения
- Обогрев бака

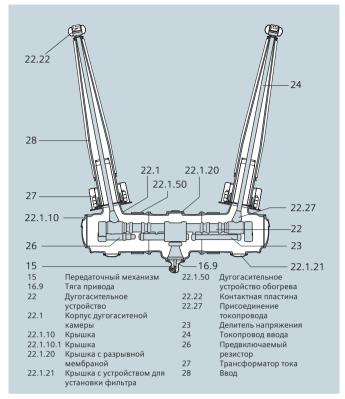


Рис. 4.1-13: Разрез полюса выключателя ЗАР2/3-DT



Рис. 4.1-14: Баковый выключатель 550 кВ типа ЗАР2 DT

Для получения дополнительной информации: Φ акс: +49 30 3 86-2 02 31

Email: support.energy@siemens.com. или circuit-breaker@siemens.com

4.1.4. Компактные коммутационные модули DTC с номинальным напряжением до 245 кВ

Гибридный принцип

Гибридный принцип состоит в комбинации элементов с элегазовой изоляцией и элементов, устанавливаемых открыто. Применение компонентов с элегазовой изоляцией повышает надежность коммутационного аппарата. Согласно исследованием CIGRE, коммутационные аппараты с элегазовой изоляцией в металлическом корпусе в четыре раза более надежны, чем аппараты, устанавливаемые открыто. Процент применяемых элементов с элегазовой изоляцией в металлическом корпусе зависит от условий конкретной подстанции и бюджета, которым располагает эксплуатирующая организация. Это приводит к оптимизации инвестиций, а так же к возможности комбинировать элементы с элегазовой изоляцией и аппараты открытой установки.

Модульный принцип

Основные компоненты и устройства модулей DTC используют модульный принцип, который так же применяется для высоковольтных выключателей, разъединителей и продуктов линейки КРУЭ производства Сименс.

Основными компонентами являются:

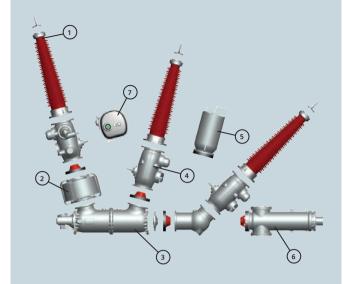
- Дугогасительное устройство с автокомпрессией выключателей типа ЗАР
- Пружинный привод
- Модуль разъединителя-заземлителя с элегазовой изоляцией из КРУЭ типа 8DN8
- Внешний заземлитель из продуктовой линейки разъединителей (рис. 4.1-15 и рис. 4.1-16).

Это позволяет предложить гибкие решения в соответствии с требованиями для различных подстанция (рис. 4.1-17, 4.1-18, 4.1-20):

- Выключатель с одно- или трехполюсным управлением
- Разъединитель, заземлитель или быстродействующий заземли-
- Трансформаторы тока, напряжения и индикаторы напряжения
- Различные кабельные присоединения
- Вводы с фарфоровыми и полимерными изоляторами
- Дополнительное разделение газовых объемов с контролем давления в каждом
- Возможность комбинирования с отдельно стоящими аппаратами, например, модулей с трансформатором напряжения и разъединителем).

Основные параметры и характеристики

- Простота заполнения элегазом и контроля давления газа, один газовый объем (разделение газовых объемов – опционально)
- Гибкость при применении в стесненных условиях и при экстермальных условиях среды, например, при температуре окружающей среды до -55°C
- Однополюсное исполнение корпусов при этом невозможно трехфазное внутреннее КЗ; быстрая замена одного полюса (полюс может быть поставлен как запасная часть)
- Безопасность может быть улучшена за счет разделения газовых объемов, например, выключателя и разъединителя.
- Собранный модуль можно перемещать с помощью автопогрузчика
- Быстрая установка и ввод в эксплуатацию: простая сборка модулей заводской готовности
- Малый объем работ по обслуживанию: первая серьезная проверка через 25 лет
- Срок службы не менее 50 лет
- Одно- или трехполюсное оперирование для модулей 145 и 245 кВ (рис. 4.1-19).



- 2. Трансформатор тока
- 3. Выключатель
- 4. Трехпозиционный разъединитель/заземлитель
- 5. Трансформатор напряжения
- 6. Модуль кабельных соединений
- 7. Быстродействующий заземлитель

Рис. 4.1-15: Компоненты коммутационного модуля типа ЗАР1 DTC



Рис. 4.1-16: Коммутационный модуль типа ЗАР1 DTC 145 кВ

Дополнительные устройства

Для улучшения возможностей мониторинга компактных модулей могут быть использованы система индикации напряжения (VDS) и камера (SIVIS) производства Сименс.

Система индикации напряжения является экономичной альтернативой трансформатору напряжения, если нет необходимости измерять напряжение. Для одного модуля могут быть использованы до трех систем индикации напряжения. Эти системы устанавливаются непосредственно на разъединителях и заземлителях в составе модуля DTC и позволяют определить наличие напряжения на компактном модуле.

Камера позволяет быстро и просто определить коммутационное положение разъединителей и заземлителей. Камера совместима с существовавшими ранее индикаторами коммутационного положения. С помощью камеры эксплуатационный персонал может легко определить положение контактов разъединителей, заземлителей и быстродействующих заземлителей при обслуживании модулей, что дополнительно повышает его безопасность. В зависимости от требований заказчика камера может быть установлена постоянно или быть съемной.

Стандарты

В международном стандарте IEC 62271-205 приведены требования к комплектным распределительным устройствам с номинальным напряжением 52 кВ и выше. Для гибридных решений применяется название «смешанные распределительные устройства».

Наши компактные коммутационные модули прошли все типовые испытания в соответствии с указанным стандартом (рис. 4.1-3).

Мы располагаем одной из наиболее современных испытательных лабораторий, которая сертифицирована и является частью Сообщества европейских независимых испытательных лабораторий (PEHLA). Кроме того, другие международные испытательные лаборатории (КЕМА, CESI) подтверждают высокое качество наших выключателей).



Рис. 4.1-17: Компактное распределительное устройство ЗАР1 DTC для напряжений до 245 кВ

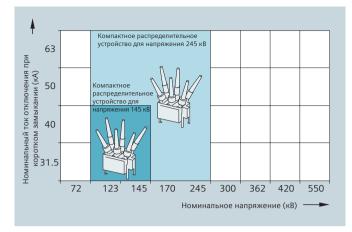


Рис. 4.1-18: Линейка коммутационных модулей типа **ЗАР1 DTC**



Рис. 4.1-19: Коммутационный модуль типа ЗАР1 DTC-145 с трансформатором напряжения и кабельным вводом

Компактное высоковольтное распределительное устройство		3AP1	I DTC
Номинальное напряжение	[ĸB]	145	245
Номинальный ток	[A]	3 150	4 000
Номинальная частота	[Гц]	50/60	50/60
Испытательное напряжение грозового импульса	[ĸB]	650	1050
Испытательное напряжение промышленной частоты	[ĸB]	275	460
Ток термической стойкости (3 с)	[ĸA]	40	63
Ток электродинамической стойкости	[ĸA]	108	170

Таблица 4.1-3: Технические характеристики компактного коммутационного модуля 3AP1 DTC

4.1.5. DCB – выключатель-разъединитель

Один аппарат - две функции

В распределительных устройствах должны иметься разъединители и выключатели.

Компания Сименс разработала коммутационный аппарат на основе силового выключателя, в котором разъединитель встроен в газовый объем, заполненный элегазом, в целях снижения воздействия на окружающую среду. Комбинированный коммутационный аппарат (выключать-разъединитель) используется как выключатель и, дополнительно, разъединитель, т.е. совмещает две функции в одном устройстве (рис. 4.1-21, 4.1-23).

Выключатель-разъединитель был разработан на основе выключателей типа ЗАР и испытан в соответствии с требованиями IEC 62271-108 для разъединителей. Так модуль разъединителя находится в газовом объем, видимый разрыв у такого аппарата отсутствует. Надежность кинематической цепи была тщательно проверена. Особое внимание было уделено разработке механической блокировки, которая обеспечивает невозможность включения выключателя пока включен разъединитель. Когда задействована эта механическая блокировка, выключатель включить невозможно (рис. 4.1-22). Так же имеются механические и электрические указатели коммутационного положения.

Дополнительно, на опорную металлоконструкцию может быть установлен заземлитель. Заземление обеспечивается заземлителем, контактная система которого не требует обслуживания.

Выключатель-разъединитель испытан на соответствие требованиям по классу M2 и C2 в соответствии со стандартом IEC 62271-108, специальным стандартом для комбинированных коммутационных аппаратов (таблица 4.1-4).

Совмещая преимущества наших продуктов, мы поставляем новый тип коммутационного аппарата, который отвечает высоким требованиям сетевых компаний к надежности, а так же позволяет сэкономить место и деньги.



Рис. 4.1-20: Выключатель - разъединитель 145 кВ



Рис. 4.1-21: Указатель состояния блокировки выключателя-разъединителя типа ЗАР2 DCB

		3AP1 DCB	3AP2 DCB		
Номинальное напряжение	[ĸB]	145	420		
Количество дугогасительных камер на полюс		1	2		
Испытательное напряжение промышленной частоты	[ĸB]	275/315	520 / 610		
Испытательное напряжение грозового импульса	[ĸB]	650/750	1 425 / 1 665		
Испытетльное напряжение коммутационного импульса	[ĸB]	не нормируется	1 050 / 1 245		
Номинальный ток	[A]	3 150	4 000		
Номинальный ток отключения	[кА среднеквадр.]	40 (31.5)	40		
Диапазон рабочих температур *)	[°C]	-40 +40	-40 +40		
Изоляционная среда		SF ₆	SF ₆		
Класс выключателя		M2, C2	M2, C2		
Класс разъединителя		ТИ2	ТИ2		
Изоляторы		полимерные **)	полимерные		
Дополнительный заземлитель		да	нет		
Типовые испытания согласно		МЭК 62271-108			
*) Другие значения температуры окружающей среды по запросу **) Или фарфоровые					

Таблица 4.1-4: Технические характеристики ЗАР DCB

Основные параметры и характеристики

- Максимальная надежность при применении продуктов компании Сименс
- Максимальная надежность благодаря длинным интервалам между работами по обслуживанию
- Экономичное решение, позволяющее сэкономить место при комбинировании разъединителя и выключателя в одном аппарате
- Минимальные затраты на транспортировку, обслуживание, установку и ввод в эксплуатацию, а так же на строительные работы (фундаменты, стальные конструкции, кабели и т.д.)
- Компактные блокировочные устройства и индикаторы коммутационного положения
- Возможность применения без заземлителя
- Исполнение с полимерными или фарфоровыми изоляторами.



Рис. 4.1-22: Выключатель-разъединитель 420 кВ

4.2 Высоковольтные разъединители

4.2.1 Разъединители и заземлители

Общая часть

Разъединители являются важной частью ОРУ, они обеспечивают видимый разрыв в электроустановках.

Современные технологии изготовления и инвестиции в наши производственные площадки по всему миру обеспечивают качество изделий в соответствии с высокими стандартами Сименс.

Разъединители Сименс соответствуют требованиям эксплуатирующих организаций к малым эксплуатационным затратам на всем протяжении срока службы при максимальной надежности и экономичности благодаря:

- Поставке отрегулированных и испытанных сборочных узлов
- Простоте установки и ввода в эксплуатацию
- Контактным системам и подшипникам, не требующим обслуживания
- Технической поддержке на протяжении всего срока службы
- Надежности контактной системы, доказанной десятками лет эксплуатации.

Важными особенностями являются:

- Отсутствие подпружиненных элементов в контактной системе контактное нажатие создается только контактными пальцами
- Контакты, покрытые серебром, обеспечивают минимальное сопротивление контактной системы и не требуют смазывания
- Контактная система отрегулирована на заводе-изготовителе, дополнительная регулировка не требуется на всем сроке
- Разъединители работоспособны при обледенении с толщиной корки льда до 20 мм
- Первое обслуживание контактной системы через 25 лет эксплуатации.

Надежность разъединителей и заземлителей Сименс на протяжении многих десятков лет обеспечивается полным циклом испытаний и контролем качества по DIN EN ISO 9001.

Горизонтально-поворотные разъединители

Горизонтально-поворотные разъединители являются наиболее распространенным типом разъединителей. На опорной раме разъединителя установлены привод разъединителя и два поворотных фарфоровых изолятора. Части контактной системы, которые установлены на поворотных изоляторах, соединяются посередине расстояния между изоляторами. Каждое поворотное основание состоит из двух высококачественных подшипников качения и рассчитан на большие механические нагрузки. Они не требуют смазывания и обслуживания на всем сроке службы (рис. 4.2-1).

Контактная система разъединителя состоит из малого количества деталей, благодаря чему ее сопротивление сведено к минимуму. Контактная система состоит из контактных кулачков и контактных пальцев, что обеспечивает постоянное контактное нажатие на протяжении десятков лет эксплуатации (рис. 4.2-2).



Рис. 4.2-1: Горизонтально-поворотный разъединитель



Рис. 4.2-2: Контактные пальцы и контактные кулачки

Пантографные разъединители

Контакты разъединителей этого типа расположены друг над другом. Обычно такие разъединители применяются для соединения двух систем шин, присоединения ВЛ или трансформатора к шинам.

Главные компоненты пантографного разъединителя показаны на рис. 4.2-3.

Геометрия пантографного разъединителя обеспечивает его оптимальное поведение при эксплуатации. Поворотные контактны внутри сочленений применяются для передачи тока между частями пантографа. Эти контакты способны выдерживать воздействие токов термической и электродинамической стойкости.

Пантографные разъединители работоспособны при обледенении с толщиной корки льда до 20 мм. Контактная система отрегулирована на заводе и не требует дополнительной регулировки на всем сроке службы.

Стойкость ножниц пантографа к воздействию токов КЗ препятствует отключению разъединителя при коротком замыкании. Так же, коммутационное положение не может измениться под воздействием внешних сил. В обоих коммутационных положения поворотный рычаг в основании пантографа переходит через положение «мертвой точки».

Пантографные разъединители с номинальным напряжением от 123 до 362 кВ могут иметь трехполюсное управление. Все пантографные разъединители более высоких классов напряжения имеют только однополюсное управление.

Вертикально-рубящие разъединители

Разъединители этого типа имеют малые расстояния между фазами. Контактная система разъединителя при отключении поднимается вверх, благодаря чему требуются минимальные межфазные расстояния (рис. 4.2-4).

Контактная система совершает два вида движения:

- Движение вверх
- Вращение вокруг продольной оси.

Вращательное движение создает контактное нажатие и позволяет сломать корку льда при обледенении.

В обоих конечных положениях поворотный рычаг переходит через положение мертвой точки. Таким образом, разъединитель не отключится под воздействием токов КЗ и не включится под воздействием внешних сил.

Необходимое расстояние между опорным и вращающимся изолятором обеспечивает электрическую прочность изоляции при параллельной установке даже в условиях соляного тумана.

Установка и ввод в эксплуатацию выполняются легко и быстро, благодаря тому, что подвижная часть контактной системы является одним сборочным узлом, испытанным и отрегулированном на заводе.



Рис. 4.2-3: Части пантографного разъединителя

- 1. Ножницы пантографа
- 2. Основание пантографа
- 3. Опорный изолятор
- 4. Вращающийся изолятор
- 5. Привод



Рис. 4.2-4: Вертикально-рубящий разъединитель

Продукты и устройства

4.2 Высоковольтные разъединители

Двухразрывные разъединители

Двухразрывные разъединители имеют три опорных изолятора. Средний изолятор установлен на поворотном основании, на нем закреплена контактная система. Крайние изоляторы неподвижны.

В основном такие разъединители применяются на подстанциях, где есть ограничение по расстоянию между фазами, а применение вертикально-рубящих разъединителей невозможно. Эти разъединители выдерживают большие эксплуатационные нагрузки при компактном и надежном исполнении. Разъединитель так же может быть оснащен разрядником (рис. 4.2-5).

Для уровней напряжения до 245 кВ, контактные пластины закреплены на концах контактных труб. Контактные пальцы являются частью неподвижных контактов. При таком исполнении контактная система выполняет два движения – в горизонтальной плоскости и вращательное. После завершения движения в горизонтальной плоскости контактное нажатие создается вращение контактной системы вокруг своей оси.

Полупантографные разъединители

Разъединители этого типа требуют минимальных габаритов по высоте и ширине. Полупантографный разъединитель имеет два неподвижных и один вращающийся изолятор. Благодаря тому, что контактная система этого разъединителя складывается посередине, требуется небольшое расстояние до токоведущих частей над ним, что в свою очередь приводит к снижению затрат (рис. 4.2-6).

Весьма компактное исполнение позволяет устанавливать эти разъединители в ЗРУ, на стенах и на потолке. Разъединители этого типа выпускаются для номинального напряжения до 800 кВ.

Заземлители

Применение заземлителей (рис. 4.2-7) обеспечивает полное обесточивание высоковольтного оборудования распределительного устройства.

Отдельно стоящие разъединители доступны для номинальных напряжений до 800 кВ. Заземлителями так же могут быть оснащены все разъединители Сименс.

В зависимости от требований эксплуатирующей организации, разъединители могут быть сразу оснащены заземлителями или дооснащены ими в процессе эксплутаации.

Дополнительно, все заземлители могут быть изготовлены таким образом, чтобы они могли коммутировать наведенные индуктивные и емкостные токи в соответствии с требованиями IEC 62271-201 (класс А или В).

Электродвигательные приводы типа 3DV8 и MA-6/7

Привод типа 3DV8 является стандартным, а привод типа MA-6/7 может быть поставлен опционально. Приводы типа MA-6/7 обладают следующими преимуществами:

- Привод механически отсоединен от разъединителя в конечном положении, что предотвращает повреждения разъединителя при ошибочном оперировании
- Очень надежный литой алюминиевый корпус.



Рис. 4.2-5: Двухразрывный разъединитель с разрядником



Рис. 4.2-6: Полупантографный разъединитель

Возможно так же ручное оперирование приводом при помощи рукоятки, которая находится в шкафу привода. При установке рукоятки для ручного оперирования автоматически происходит разрыв цепи питания привода. В шкафу привода имеется антиконденсатный обогрев (рис. 4.2-8).

Вспомогательный переключатель подобран в соответствии с редуктором обозначает коммутационное положение. Это обеспечивает безопасность выполнения коммутаций.

После того, как привод начинает работать, вспомогательный переключатель перестает отображать коммутационное положение (переходит в промежуточное положение). После этого разъединитель совершает движение до тех пор, пока не будет достигнуто конечное положение.

После этого вспомогательный выключатель снова изменяет положение и отображает текущее коммутационное положение разъединителя.

Такая работа вспомогательного выключателя обеспечивает, что коммутационное положение «ВКЛ» будет показано только после того, как разъединитель займет конечное положение и окажется устойчивым к воздействию токов КЗ и сможет проводить номинальный ток, а коммутационное положение «ОТКЛ» будет показано только после того, как контактная система займет конечное положение и будет достигнуто необходимое по условиям прочности изоляции расстояние между контактами.

Обзор параметров разъединителей Сименс приведен в таблицах 4.2-1 – 4.2-5.



Рис. 4.2-7: Отдельно стоящий заземлитель



Рис. 4.2-8: Электродвигательный привод

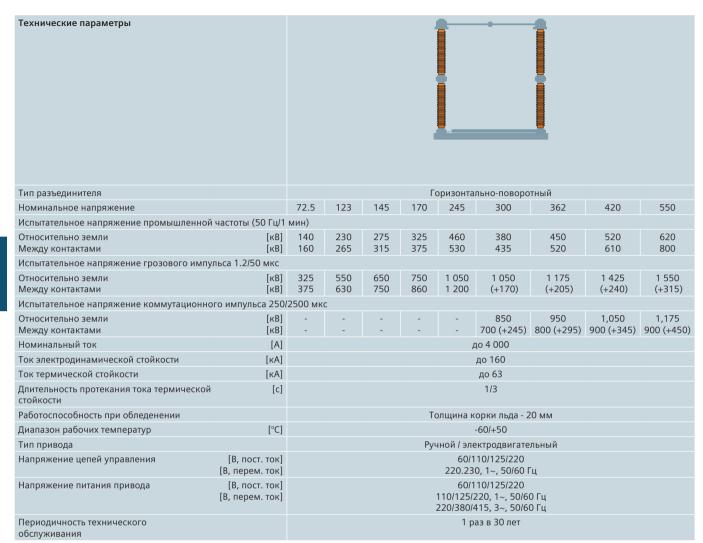


Таблица 4.2-1: Параметры горизонтально-поворотных разъединителей

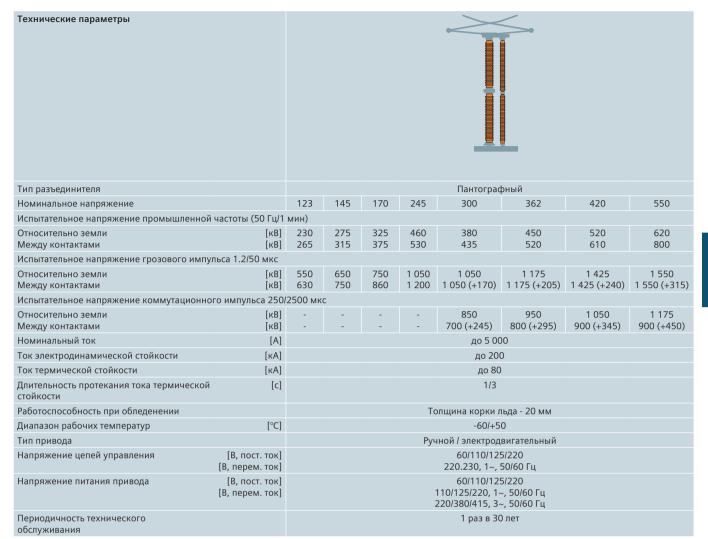


Таблица 4.2-2: Параметры пантографных разъединителей

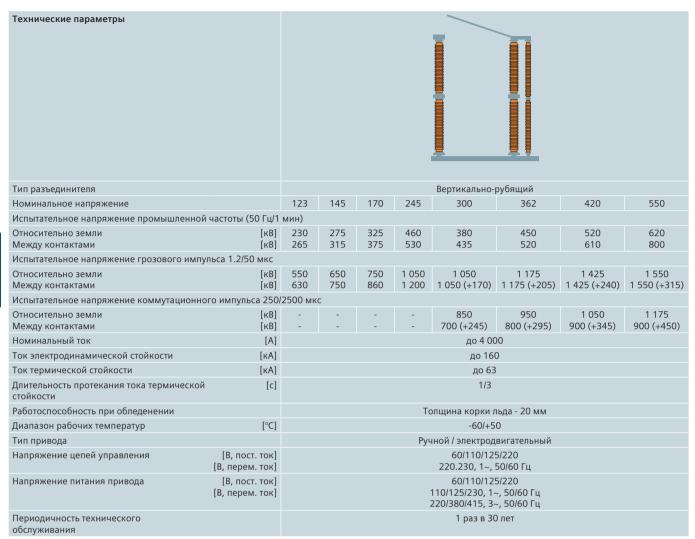


Таблица 4.2-3: Параметры вертикально-рубящих разъединителей

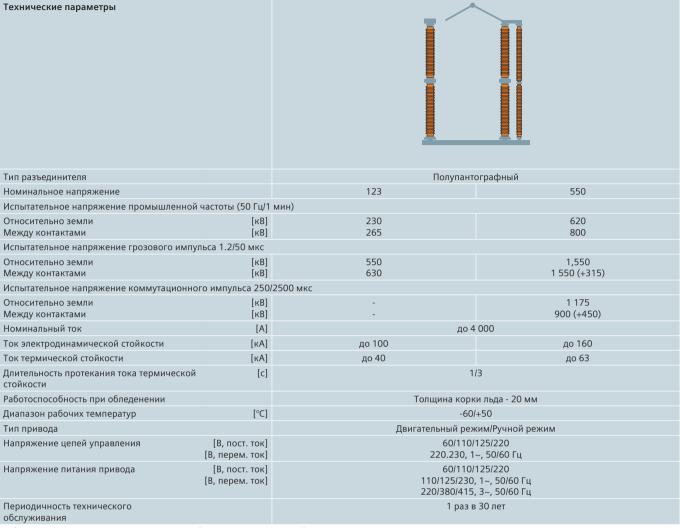


Таблица 4.2-4: Параметры полупантографных разъединителей

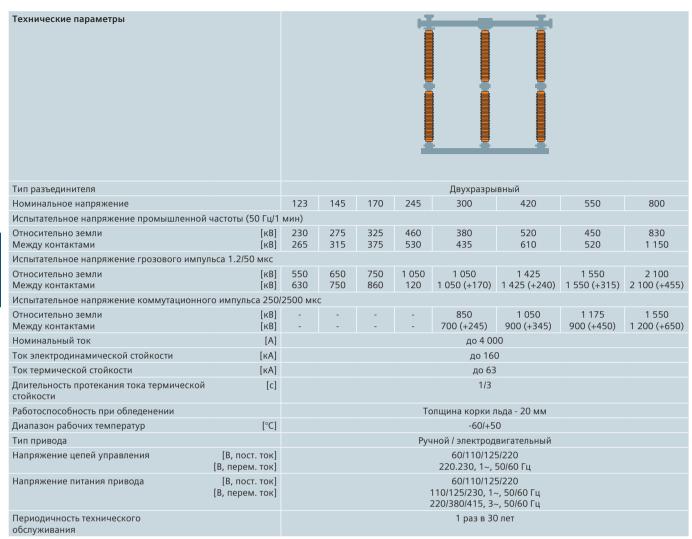


Таблица 4.2-5: Параметры двухразрывных разъединителей

Для более подробной информации свяжитесь с нами: Факс: +49 30 386 258 67

Email: support.energy @siemens.com.

4.3 Технология коммутации в вакууме и компоненты среднего напряжения

4.3.1 Обзор вакуумного коммутационного оборудования

Оборудование среднего напряжения применяется на электростанциях (в генераторах и электрических сетях) и распределительных трансформаторных подстанциях (коммунальных систем или крупных промышленных предприятий) первичного распределительного уровня. Трансформаторные подстанции получают питание от высоковольтных систем и преобразовывают его до среднего уровня напряжения. Оборудование среднего напряжения также используется во вторичных трансформаторных подстанциях или передаточных подстанциях (уровень распределения при низком напряжении), где энергия преобразуется от среднего к низкому напряжению и передается конечному потребителю.

Производственная линия коммутационных устройств среднего напряжения содержит (рис. 4-3-1):

- Выключатели
- Выключатели нагрузки
- Контакторы
- Разъединители
- Выключатели-разъединители
- Заземпитепи

Требования

В ЗАМКНУТОМ состоянии коммутационное устройство должно обеспечивать минимальное сопротивление потоку нормальных токов и токов короткого замыкания. В РАЗОМКНУТОМ состоянии зазор между разомкнутыми контактами должен гарантированно выдерживать возникающие напряжения. Когда коммутационное устройство замкнуто или разомкнуто, все токоведущие части должны быть надлежащим образом заземлены и изолированы между фазами.

Коммутационное устройство должно быть в состоянии замкнуть цепь при появлении напряжения. Тем не менее, это условие распространяется на разъединители только в обесточенном состоянии, за исключением малых токов нагрузки.

Коммутационное устройство должно быть в состоянии разомкнуть цепь при прохождении тока. Это требование не распространяется на разъединители. Коммутационное устройство должно производить как можно меньше коммутационных перенапряжений.





Выключатели

Выключатели должны включать и отключать все токи в рамках своих номинальных характеристик, от небольших индуктивных и емкостных токов нагрузки до тока короткого замыкания, и это должно происходить при любых неисправностях в системе питания, включая замыкания на землю и противофазность. Выключатели наружной установки применяются аналогичным способом, однако при этом они также подвергаются атмосферным воздействиям.



Выключатели нагрузки

Выключатели нагрузки должны включать и отключать номинальные токи до их номинального рабочего тока, и быть в состоянии производить включение в условиях коротких замыканий (до их номинального тока включения короткого замыкания). Тем не менее, они не могут отключать любые токи короткого замыкания.



Контакторы

Контакторы – это прерывающие нагрузку устройства с ограниченной включающей и отключающей способностью. Они используются для обеспечения высоких скоростей коммутации, но не могут включаться и отключаться при токах короткого замыкания.



Разъединители

Разъединители используются для включения и отключения в условиях отсутствия нагрузки. Их функция заключается в "изоляции" последующего оборудование для обеспечения возможности работы с ним.



Выключатели-разъединители

Выключатель-разъединитель – это сочетание выключателя и разъединителя или выключателя с изолирующим промежутком.



Заземлители

Заземляющие ножи заземляют изолированные цепи. Заземляющие ножи с индикатором включения безопасно заземляют цепи даже при наличии напряжения, т.е. даже в том случае, если заземляемая цепь была случайно не изолирована.

Рис. 4.3-1: Ассортимент средневольтных коммутационных устройств

4.3.2 Выбор оборудования по номинальным данным

Коммутационные устройства и все остальное оборудование должно выбираться в соответствии с системными данными, имеющимися на месте установки. Эти системные данные определяют номинальные характеристики компонентов (таблица 4.3-1)

Нормированный уровень изоляции

Номинальное напряжение изоляции – это диэлектрическая прочность от фазы к земле, между фазами и через зазор между разомкнутыми контактами или через изоляционный промежуток.

Диэлектрическая прочность – это способность электрических компонентов выдерживать все напряжения с определенной временной последовательностью до величины соответствующего выдерживаемого напряжения. Это может быть рабочее напряжение или более высокочастотное напряжение, вызванное коммутационными операциями, коротким замыканием на землю (внутренние перенапряжение) или ударом молнии (внешнее перенапряжение). Диэлектрическая прочность проверяется испытанием на импульсное выдерживаемое напряжение при ударах молнии со стандартной импульсной волной 1.2/50 мкс и испытанием на выдерживаемое напряжение промышленной частоты (50 Гц / 1 мин).

Номинальное напряжение

Номинальное напряжение — это верхний предел самого высокого напряжения в системе, для которой предназначено устройство. Так как все высоковольтные коммутационные устройства, за исключением некоторых предохранителей, являются прерывателями нулевого тока, напряжение системы является наиболее важным критерием при определении габаритов. Оно определяет диэлектрическую прочность коммутационного устройства посредством восстанавливающегося напряжения и переходного восстанавливающегося напряжения, особенно при отключении.

Номинальный нормальный ток

Номинальный нормальный ток — это ток, который при определенных условиях главная цепь устройства может проводить непрерывно. При нагревании компонентов, особенно контактов, заданные значения не должны быть превышены. Допустимое повышение температуры всегда происходит вследствие воздействия температуры окружающего воздуха. Если устройство установлено в корпусе, нагрузка в полный номинальный ток может быть невозможна в зависимости от качества отвода тепла.

Нормированная амплитуда максимального выдерживаемого тока

Номинальный ток электродинамической стойкости — это пиковое значение первой крупной петли тока короткого замыкания во время процесса компенсации после начала передачи тока,

который аппарат может проводить в замкнутом состоянии. Это является мерой измерения электромагнитной (механической) нагрузки электрического устройства. Это значение не актуально для устройств с полной включающей способностью (см. пункт "Номинальный ток включения при коротком замыкании" далее в этом разделе).

Номинальный ток отключения

Номинальный ток отключения — это ток отключения нагрузки в условиях нормальной работы. Это значение не актуально для устройств с полной отключающей способностью (см. пункт "Номинальный ток отключения при коротком замыкании" далее в этом разделе).

Номинальный ток отключения при коротком замыкании

Номинальный ток отключения при коротком замыкании — это среднеквадратическое значение тока отключения в случае короткого замыкания на клеммах коммутационного устройства.

Номинальный ток включения при коротком замыкании

Номинальный ток включения при коротком замыкании — это пиковое значение тока включения в случае короткого замыкания на клеммах коммутационного устройства. Это воздействие превышает воздействие номинального тока электродинамической стойкости, так как динамическое воздействие может противодействовать движению контакта.

Стандарты

Коммутационные устройства, включая некоммутационные элементы, регулируются национальными и международными стандартами.

Наименование компонента	Нормированный уровень изоляции	Номинальное напряжение	Номинальный нормаль- ный ток	Нормированная амплиту- да максимального выдер- живаемого тока	Номинальный ток отклю- чения	Номинальный ток от- ключения при коротком замыкании	Номинальный ток включения при коротком замыкании
Распределительные устройства							
Выключатель	-	-	-	-	-		
Выключатель нагрузки	-	-	-	-	-	■ 1)	
Выключатель-разъединитель	-	-	-	-	-	-	
Разъединитель		-		-	-	-	-
Заземлитель	-	-	-		-	-	-
Заземляющий нож с индикатором включения	-	•	-	-	-	-	
Контактор		-		-	-	1)	■ 1)
■ Влияет на выбор компонента - Не влияет на выбор компонента 1) Ограниченная включающая способность при коротком замыкании							

Таблица 4.3-1: Таблица коммутационных устройств в соответствии с номинальными характеристиками

4.3.3 Вакуумные выключатели

Вакуумные выключатели Siemens среднего напряжения доступны для номинального напряжения до 36 кВ и номинальным током отключения при коротком замыкании до 72 кА (табл. 4.3-2). Их применение:

- Для универсальной установки во всех стандартных распределительных устройствах среднего напряжения
- Как 1-фазные и многофазные средневольтные выключатели для любых коммутационных характеристик в коммутационных устройствах для внутренней установки
- Для активных токов отключения, а также индуктивных и емкостных токов
- Для переключения генераторов
- Для переключения контактных линий (1-фазные выключатели для электротягового оборудования).

Коммутационные характеристики

Коммутационные характеристики выключателя частично зависят от типа операционного механизма:

- Механизм для накопленной энергии
- Для синхронизации и быстрой передачи нагрузок
- Для автоматического повторного включения
- Пружинный механизм (пружина взведена в положении ВКЛЮ-ЧЕНО, накопленная энергия высвобождается в положении ОТКЛЮЧЕНО) для нормального замыкания и размыкания.

Подробное описание коммутационных характеристик

Синхронизация

Время замыкания во время синхронизации настолько ограничено, что при соприкосновении контактов между системами всё еще присутствует достаточная синхронизация для параллельного соединения.

Быстрая передача нагрузок

Переключение потребителей на другую подводящую питающую линию без перерыва работы называется быстрой передачей нагрузок. Именно поэтому вакуумные выключатели с механизмами для накопленной энергии имеют очень короткое время замыкания и размыкания. Среди прочего, вакуумные выключатели для быстрой передачи нагрузок прошли испытания с операционной последовательностью О-Змин-ВО-Змин-ВО с номинальным током отключения при коротком замыкании согласно стандартам. Они контролируют даже последовательность операций О-0,3с-ВО-Змин-ВО с номинальным током отключения при коротком замыкании до 31,5 кА.

Автоматическое повторное включение (АПВ)

АПВ необходимо для воздушных линий. Оно позволяет удалять неустойчивые повреждения или короткие замыкания, вызванные, например, грозой, сильным ветром или животными. Даже при полном токе короткого замыкания для выполнения этой функции переключения вакуумные выключатели оставляют такую короткую бестоковую паузу между замыканием и размыканием, при которой период обесточивания практически незаметен для электропитания потребителей. В случае неудачного АПВ поврежденная линия передачи выключается окончательно. Для вакуумных выключателей с функцией АПВ в соответствии с МЭК 62 271-100 должна соблюдаться последовательность операций О-0,3 с-вО-3 мин-вО, тогда как неудачное автоматическое повторное включение требует только последовательность О -0,3с-вО.

АПВ в системах электротяговых линий

Последовательность операций для проверки систем электротяговых линий с помощью тестовых резисторов на отсутствие короткого замыкания после отключения вследствие короткого замыкания составляет O-15c-BO.

Многократное повторное включение

Вакуумные выключатели также подходят для многократного повторного включения, что применимо, главным образом, в англоязычных странах. Требуется последовательность операций O-0,3c-BO-15c-BO-15c-BO

Переключение трансформаторов

В вакуумных выключателях ток прерывания составляет только 2-3 А за счет специального используемого материала контактов, что означает отсутствие опасности перенапряжения при включении ненагруженных трансформаторов.

Отключение токов коротких замыканий

При отключении токов коротких замыканий в месте повреждения сразу за трансформаторами (в генераторах или токоограничивающих реакторах) сначала может появиться полный ток короткого замыкания, а затем начальная скорость нарастания переходного восстанавливающегося напряжения может подняться гораздо выше значений, указанных в стандарте МЭК 62 271-100. Она может составлять до 10 кВ/с, а при отключении коротких замыканий в устройствах после реакторов – даже выше. При таких нагрузках также могут использоваться и автоматические выключатели.

Переключение конденсаторов

Вакуумные выключатели специально предназначены для переключения емкостных цепей. Они могут отключить конденсаторы до максимальной емкости батареи без повторных зажиганий, и, следовательно, без перенапряжения. Как правило, отключение емкостных токов тестируется до 400 А. Эти значения обычно устанавливаются испытательной лабораторией. Производственный опыт показал, что емкостные токи в среднем контролируются до 70% номинального рабочего тока выключателя. Когда конденсаторы соединены параллельно, могут возникать токи до тока короткого замыкания, что может представлять опасность для некоторых частей системы из-за их высокой скорости нарастания. Допустимы токи включения до 20 кА (пиковое значение); достижение более высоких значений может быть обеспечено по запросу.

Коммутация воздушных линий и кабелей

Когда ненагруженные воздушные линии и кабели отключены, относительно небольшие емкостные токи контролируются без повторных зажиганий, и, следовательно, без перенапряжения.

Переключение двигателей

Когда малогабаритные высоковольтные электродвигатели останавливают во время запуска, могут возникнуть коммутационные перенапряжения. Это касается высоковольтных двигателей с пусковым током до 600 А. Используя специальные ограничители перенапряжения, значения этих перенапряжений могут быть сведены до безвредных. Для отдельно компенсированных двигателей защитная цепь не требуется.

Переключение генераторов

Коммутационные перенапряжения могут возникнуть при использовании генераторов с током короткого замыкания < 600 А. В этом случае необходимо использовать ограничители или стабилизаторы перенапряжения.

Переключение цепей фильтров

Когда цепи фильтров или индуктивно-конденсаторные батареи отключены, нагрузка на вакуумный выключатель, вызываемая восстанавливающим напряжением, выше, чем при коммутации конденсаторов. Это связано с последовательным соединением индуктора и конденсатора и должно учитываться для расчета требуемого номинального напряжения при выборе вакуумного выключателя.

Переключение дуговых печей

В течение одного дня должно быть выполнено до 100 рабочих циклов. Лучшим выбором в этом случае станет вакуумный выключатель типа ЗАН4. Благодаря свойствам, которыми обладает цепь нагрузки, токи могут быть асимметричными и искаженными. Для предотвращения резонансных колебаний в печных трансформаторах необходимо использовать индивидуально настроенные цепи защиты сети.

4.3 Технология коммутации в вакууме и компоненты среднего напряжения

Номинальный ток	Номинальный								
отключения при ко- ротком замыкании	нормальный ток	7.2 кВ 50/60 Гц			12 кВ 50/60 Гц		15 кВ 50/60 Гц		.5 кВ 60 Гц
12.5 кА	800 A							SION	
	1250 A							SION	
13.1 кА	800 A				3AH5				
16 кА	800 A	SION		SION	3AH5			SION	
	1250 A	SION		SION	3AH5			SION	
	2000 A							SION	
20 кА	800 A	SION		SION	3AH5				
	1250 A	SION		SION	3AH5				
	2000 A				3AH5				
	2500 A								
25 кА	800 A	SION		SION	3AH5			SION	3AH5
	1250 A	SION		SION	3AH5			SION	3AH5
	2000 A	SION		SION	3AH5			SION	5715
	2500 A			SION	3AH5			SION	3AH5
31.5 кА	800 A	SION		SION	37 11 13			SION	57.11.15
3113111	1250 A	SION		SION	3AH5	3AH4	3AH4	SION	3AH5
	2000 A	SION		SION	3AH5	3AH4	3AH4	SION	3AH5
	2500 A	SION		SION	3AH5	37	57	SION	3AH5
	3150 A	51014		51011	371113			51011	571113
	4000 A								
40 KA	1250 A	SION		SION		3AH4	3AH4	SION	3AK7
10101	2000 A	SION		SION		3AH4	3AH4	SION	3AK7
	2500 A	SION		SION		3AH4	3AH4	SION	3AK7
	3150 A	SION		SION		3AH4	3AH4	SION	3AK7
	4000 A	31014		Sioiv		3/1111	371114	51014	3AK7
50 κA	1250 A	3AH3	3AK7	3AH3	3AK7		ЗАНЗ	ЗАНЗ	3AK7
30 101	2500 A	3AH3	3AK7	3AH3	3AK7		3AH3	3AH3	3AK7
	3150 A	3AH3	3AK7	3AH3	3AK7		3AH3	3AH3	3AK7
	4000 A	3AH3	3AK7	3AH3	3AK7		3AH3	3AH3	3AK7
	5000 A	5, 1, 15	5, 117	5, 1115	5, 110		5, 415	5, 115	571107
	6300 A								
63 кА	1250 A	3AH3		3AH3			3AH3	ЗАНЗ	
03 101	2500 A	3AH3		3AH3			3AH3	3AH3	
	3150 A	3AH3		3AH3			3AH3	3AH3	
	4000 A	3AH3		3AH3			3AH3	3AH3	
	5000 A	5/115		3/113			3/113	5/115	
	6300 A								
72 кА	3150 A								
721171	4000 A								
	5000 A								
	6300 A								

Таблица 4.3-2: Ассортимент вакуумных выключателей

4.3 Технология коммутации в вакууме и компоненты среднего напряжения

Номинальный ток	Номинальный			Ном	инальные нап	ряжение и ч	астота		
отключения при ко- ротком замыкании	нормальный ток	17.5 кВ 50/60 Гц	17.5 кВ 16 % Гц		24 кВ 50/60 Гц		27.5 кВ 50/60 Гц		кВ 60 Гц
12.5 кА	800 A			SION					
	1250 A			SION					
13.1 кА	800 A								
16 кА	800 A			SION	3AH5				
	1250 A			SION	3AH5			3AH5	
	2000 A			SION					
20 кА	800 A			SION					
	1250 A			SION	3AH5				
	2000 A			SION	3AH5				
	2500 A			SION	3AH5				
25 кА	800 A			SION					
	1250 A			SION	3AH5	3AH4	3AH47	3AH5	
	2000 A		3AH47	SION	3AH5	3AH4	3AH47	3AH5	
	2500 A			SION	3AH5		3AH47		
31.5 кА	800 A								
	1250 A	3AH4					3AH47	3AH3	3AH4
	2000 A	3AH4	3AH47				3AH47	3AH3	3AH4
	2500 A						3AH47	3AH3	3AH4
	3150 A							3AH3	3AH4
	4000 A							3AH3	3AH4
40 ĸA	1250 A	3AH4						3AH3	
	2000 A	3AH4						3AH3	
	2500 A	3AH4	3AH47	3AH3		3AH4		3AH3	3AH4
	3150 A	3AH4						3AH3	3AH4
	4000 A							3AH3	3AH4
50 κA	1250 A								
	2500 A		3AH47						
	3150 A	3AH38		3AH3	3AH38				
	4000 A	3AH38		3AH3	3AH38				
	5000 A	3AH37			3AH37				
	6300 A	3AH37			3AH37				
	8000 A	3AH37			3AH37				
63 кА	1250 A								
	2500 A								
	3150 A	3AH38			3AH38				
	4000 A	3AH38			3AH38				
	5000 A	3AH37			3AH37				
	6300 A	3AH37			3AH37				
	8000 A	3AH37			3AH37				
72 кА	3150 A	3AH38			3AH38				
	4000 A	3AH38			3AH38				
	5000 A	3AH37			3AH37				
	6300 A	3AH37			3AH37				
	8000 A	3AH37			3AH37				

Ассортимент в	ыключателей	
SION	Стандартный выключатель для различных сфер применения: - Доступен в стандартной комплектации или как готовый съемный модуль - До 30 000 рабочих циклов - Возможен вариант для модернизации	
3AH5	Стандартный выключатель малой переключающей способности - До 10 000 рабочих циклов.	SAH O O O
занз	Выключатель высокой переключающей способности: - Номинальный ток отключения при коротком замыкании до 63 кА - Номинальный нормальный ток до 4000 А - До 10 000 рабочих циклов	
ЗАН4	Выключатель для большого количества рабочих циклов, например, для переключения дуговых печей: - До 120 000 рабочих циклов - Номинальный нормальный ток до 4000 A - Номинальный ток отключения при коротком замыкании до 40 кА	
3AH37/3AH38	Выключатель для генераторов и устройств, работающих при больших токах - Номинальный ток отключения при коротком замыкании до 72 кА (в соответствии со стандартом IEEE C37.013) - Номинальный нормальный ток до 6 300 A - До 10 000 рабочих циклов - Конструкция сегрегации фаз до 24 кВ, 80 кА, 12 000 A до 24 кВ, 90 кА, 6 300 A	
3AH47	Выключатель для применения в тяговых системах Частота сети 16%, 25, 50 или 60 Гц 1-полюсный или 2-полюсный До 60 000 рабочих циклов	
3AK7	Компактный, малогабаритный выключатель для генераторов и устройств, работающих при больших токах Номинальный ток отключения при коротком замыкании до 40 кА (в соответствии со стандартом IEEE C37.013) Номинальный нормальный ток до 4 000 А	

Таблица 4.3-3: Различные типы вакуумных выключателей

4.3.4 Вакуумные выключатели для переключения генераторов

В многочисленных электростанциях по всему миру выключатель типа ЗАНЗ8 для генераторов и устройств, работающих при больших токах, стал стандартом для коммутации номинальных рабочих токов до 4 000 А.

Выключатели имеют модульную конструкцию, которая позволяет использовать лучшие материалы для цепи тока, магнитного потока и охлаждения. Таким образом, выключатели ЗАН37/38 объединяют в себе такие функции, как низкое сопротивление главной цепи, высокая механическая прочность и идеальное охлаждение.

Выключатель ЗАНЗ7 является первым в мире вакуумным выключателем на 72 кА, который прошел типовые испытания в соответствии с критериями для генераторных выключателей, установленных в стандарте IEEE СЗ7.013. Вакуумный выключатель ЗАНЗ7 для генераторов и устройств, работающих при больших токах, имеет классическую конструкцию, а его значения рабочих токов может быть увеличено до 6300 А на постоянной основе и до 24 кВ без принудительного охлаждения. С принудительным охлаждением выключатель ЗАНЗ7 способен проводить рабочие токи до 8000 А.

Для переключения генераторов с сегрегацией фаз вакуумные выключатели разрабатываются для обеспечения полюсной синхронности. Они были протестированы с мощностью до 80 кА при бесперебойном токе 12 000 А и 90 кА.

Преимущества при ежедневной эксплуатации:

- Высокая механическая стабильность благодаря вертикальной конструкции
- Компактные размеры благодаря вертикальному расположению дугогасительных камер
- Низкая пожарная нагрузка благодаря отсутствию необходимости в твердой изоляции
- Высокий нормальный ток возможен без принудительного охлаждения благодаря свободной конвекции также и при горизонтальной установке
- Вторичное оборудование может быть с легкостью модернизировано
- Технического обслуживания не требуется в течение всего срока службы
- Подходит для горизонтальной и вертикальной установки

Выключатели ЗАК, ЗАНЗ7 и ЗАНЗ8 прошли типовые испытания согласно стандарту IEEE C37.013

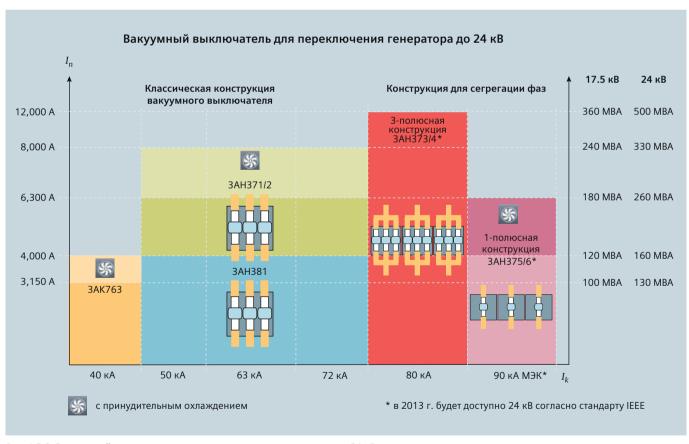


Рис. 4.3-2: Вакуумный выключатель для переключения генератора до 24 кВ

4.3.5 Вакуумные выключатели наружной установки

Вакуумные выключатели наружной установки выполняют те же функции, что и выключатели для установки в помещениях (таблица 4.3-3), и имеют аналогичный ассортимент. Благодаря специальной конструкции они являются предпочтительными для использования в энергосистемах с большим количеством воздушных линий. При использовании вакуумных выключателей наружной установки нет необходимости предусматривать закрытые служебные места для их установки.

Простая конструкция включает минимальное количество подвижных деталей, что обеспечивает долгий срок службы электрических и механических элементов. В то же время, эти выключатели обладают всеми преимуществами выключателей, предназначенных для установки внутри помещения.

В выключателях с дугогасительной камерой (рис. 4.3-3) вакуумные дугогасительные камеры расположены в климатозащищенном изолированном корпусе (например, керамическом). Вакуумная дугогасительная камера имеет электрический потенциал, т.е. находится под напряжением.

Важной характеристикой технологии заземлённого корпуса является расположение вакуумных дугогасительных камер в заземленном металлическом корпусе (рис. 4.3-4).

Ассортимент вакуумных выключателей для наружной установки приведен в таблице 4.3-4.



Рис. 4.3-3: Выключатель с дугогасительной камерой



Рис. 4.3-4: Выключатель с заземлённым корпусом

Тип	3AG01 / 3AF01 / 3AF03	ЗАГО4 / ЗАГО5 для тяговых сетей переменного тока	SDV6/SDV7	SDV7M
Номинальное напряжение	12 - 40.5 кВ	27.5 кВ	15.5 - 38 кВ	15.5 - 27.6 кВ
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	28 - 70 кВ	95 κB	50 - 80 кВ	50 - 60 кВ
Номинальное выдерживаемое грозовое импульсное напряжение	75 - 200 кВ	200 кВ	110 - 200 кВ	110 - 150 кВ
Номинальный нормальный ток	1250 - 2500 A	2000 A	1200 - 3000 A	1200 - 2000 A
Номинальный ток отключения при коротком замыкании	20 - 31.5 кА	31.5 кА	20 - 40 кА	20 - 25 кА
Количество полюсов	3	1 или 2	3	3
Операционный механизм	Пружина	Пружина	Пружина	Магнит
Конструктивное исполнение	Бак под напряжением	Бак под напряжением	Заземленный корпус	Заземленный корпус

Таблица 4.3-4: Ассортимент вакуумных выключателей для наружной установки

4.3.6 Устройства автоматического повторного включения (АПВ)

Вакуумные АПВ обеспечивают надежную защиту воздушных линий, повышая тем самым надежность распределительной сети. В основе системы находится контроллер, который обеспечивает высокий уровень защиты, простоту и высокую эффективность работы.

До 90% неисправностей в сетях воздушных линий носят временный характер. В случае неисправности вакуумный АПВ размыкается и прерывает ток замыкания. После нескольких циклов он включается повторно и остается замкнутым, если переходные неисправности устранены. Этот цикл выполняется до пяти раз, чтобы вернуть линию в работу до того, как устройство, в конце концов, заблокируется в случае возникновения устойчивой неисправности сети.

Вакуумные АПВ компании Siemens можно легко установить на любом участке воздушных линий, так что сетевые операторы могут выбрать удобное для этих устройств место. АПВ будут параметризированы для последовательной защиты питающей линии в любых звёздообразных, кольцевых или узловых сетях.

Добавленные характеристики для бесперебойной работы:

- Передовая технология вакуумного переключения
- Сложная система твердой эпоксидной изоляции со встроенными датчиками
- Магнитный привод с двойной катушкой низкого энергопотребления
- Усовершенствованный контроллер Siemens
- Климатозащищенный шкаф управления
- Надежная работа благодаря самодиагностике и режиму ожидания.

Контроллер

Контроллер (рис. 4.3-5) – "мозг" АПВ – включает в себя индикаторы и элементы управления, интерфейсы связи и USB-порт для удобного подключения к ноутбуку. Доступ к пользовательскому уровню защищен многоуровневой аутентификацией пользователя по паролю. Контроллер установлен в шкафу, в котором также имеется дополнительный источник питания и блок ИБП с резервированием от аккумуляторной батареи, предохранители и разъем общего назначения для питания ноутбука.

Контроллер выполняет функции комплексной защиты, а именно:

- Замыкание на землю и чувствительный детектор замыкания на землю с максимальной токовой защитой с выдержкой времени (с независимой и обратнозависимой выдержкой времени)
- Торможение при бросках тока намагничивания
- Сброс нагрузки.

Другие свойства контроллера:

- Большое количество входов и выходов для использования потребителем
- Дополнительные модули связи для передачи данных
- Функции самоконтроля и измерений.

Блок коммутации

Блок коммутации (рис. 4.3-6) содержит интегрированные трансформаторы тока, а также, в качестве опции, датчики напряжения. Он состоит из одного или трех полюсов, а также корпуса привода. Полюса изготовлены из устойчивой к климатическим воздействиям эпоксидной смолы, которая охватывает вакуумную дугогасительную камеру. Камера соединяется с магнитным приводом посредством переключающего стержня.



Рис. 4.3-5: Контроллер Argus-M



Рис. 4.3-6: Вакуумный АПВ со шкафом и контроллером

Из корпуса привода выступает ручка механической блокировки, которая позволяет выполнять механическое отключение и блокировку. Пока эта ручка находится в выдвинутом положении, блок нельзя закрыть ни электрически, ни механически. Для активации блока блокировку ручки необходимо сбросить вручную.

Для операций переключения в открытых кольцевых сетях (т.н. контур автоматизации) имеются АПВ с датчиками напряжения на обеих сторонах (со стороны источника и нагрузки). В разомкнутом состоянии они способны по отдельности обнаруживать напряжение по обе стороны АПВ.

Под корпусом находится индикатор положения. Благодаря своим размерам и применению отражающих материалов индикатор хорошо заметен с земли, а коммутационное состояние можно точно определить даже в ночное время.

Номинальный рабочий ток	от 400 А до 800 А
Номинальное напряжение в соотв. c ANSI C37-60	12 кВ; 15.5 кВ; 27 кВ; 38 кВ
Ток отключения при коротком замыкании	12.5 кА; 16 кА
Импульсное выдерживаемое напряжение при ударах молнии	от 95 кВ до 190 кВ
Количество рабочих циклов	10 000
Количество операций в режиме короткого замыкания	до 200
Количество фаз	трехфазный, однофазный; одно-трехфазный
Стандарты	ANSI C37.60; MЭK 62271-111; МЭК 60255; МЭК 62271-100

Таблица 4.3-5: Технические данные и номинальные характеристики

4.3.7 Вакуумные контакторы

Вакуумные контакторы 3TL (рис. 4.3-8 - 4.3-10) являются 3-полюсными контакторами с электромагнитными операционными механизмами для средневольтных распределительных устройств. Это прерывающие нагрузку устройства с ограниченной включающей и отключающей способностью при коротком замыкании, которые используются при большом количестве коммутаций - до 1 млн. рабочих циклов. Вакуумные контакторы могут применяться для управляющего переключения потребителей переменного тока в распределительном устройстве внутренней установки. Они могут использоваться, например, для следующих коммутационных функций:

- АС-3: асинхронные электромоторы с короткозамкнутым ротором: запуск и остановка работающего электромотора
- АС-4: пуск, торможение и толчковый ход
- переключение трехфазных электромоторов в категории использования АС-3 или АС-4 (например, в конвейерных и элеваторных системах, компрессорах, насосных станциях, для вентиляции и нагревания)
- переключение трансформаторов (например, в распределительных устройствах промышленного назначения и уровня распределения при низком напряжении)
- переключение реакторов (например, в промышленных системах распределения, реакторах постоянного тока, системах коррекции коэффициента мощности)
- переключение резистивных потребителей (например, нагревательных резисторов, электрических печей)
- переключение конденсаторов (например, в системах коррекции коэффициента мощности, батареях конденсаторов).
- другие коммутационные функции:
- переключение электромоторов
- переключение трансформаторов
- переключение конденсаторов.

В системах реверсивных пускателей контакторного типа (реверсивный режим), если для защиты от короткого замыкания используются высоковольтные предохранители с большой отключающей способностью, для каждого направления вращения требуется только один контактор.

Ассортимент вакуумных контакторов приведен в таблице 4.3-6.



Рис. 4.3-8: Вакуумный контактор ЗТL6



Рис. 4.3-9: Вакуумный контактор ЗТL71



Рис. 4.3-10: Вакуумный контактор 3TL81

Тип	3TL81	3TL61	3TL65	3TL68	3TL71
Номинальное напряжение	7.2 кВ	7.2 кВ	12 кВ	15 кВ	24 кВ
Номинальная частота	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц
Номинальный нормальный ток	400 A	450 A	400 A	320 A	800 A
Номинальный ток включения*	4000 A	4500 A	4000 A	3200 A	4500 A
Номинальный ток отключения	3200 A	3600 A	3200 A	2560 A	3600 A
Механическая износостойкость контактора*	1 миллион рабочих циклов	3 миллиона рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов
Коммутационная износостойкость вакуумной дугогасительной камеры (номинальный ток)*	0.25 миллиона рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов	0.5 миллиона рабочих циклов	0.25 миллиона рабочих циклов	0.5 миллиона рабочих циклов
* Коммутационная способность в соответствии с категорией использования АС-4 (cos 9 = 0,35)					

Таблица 4.3-6: Ассортимент вакуумных контакторов

4.3.8 Комбинированное устройство контактор-предохранитель

Комбинированные устройства контактор-предохранитель 3TL62/63/66 - это прошедшие типовые испытания блоки, содержащие контакторы и высоковольтные предохранители с большой отключающей способностью (HV HRC). Они были специально разработаны для гибкого использования в условиях ограниченного пространства и не требуют дополнительного помещения для предохранителей HV HRC или других дополнительных проводников между контактором и предохранителем. Эти элементы располагаются на опорной плите так, чтобы обеспечить оптимальную вентиляцию, обеспечивая тем самым высокий нормальный ток. Эта конструкция отвечает высоким стандартам диэлектрической прочности, требуемым даже в таких странах, как Китай.

Для интеграции в распределительные панели доступен целый ряд различных конструкций, например, с различными расстояниями между полюсом и центром или размерами под ключ. В комплект поставки могут быть включены, по выбору, одиночные и двойные держатели предохранителей, управляющий трансформатор и большое количество другого вспомогательного оборудования (табл. 4.3-7).

Конструкция

Комбинированное устройство контактор-предохранитель (рис. 4.3-11, рис. 4.3-12) состоит из элементов вакуумного контактора (1), изолирующей крышки с держателем предохранителя (2), элементов с плавкими вставками (3), контактов (4) и, в качестве опции, управляющего трансформатора (5). Они размещены на опорной плите (6).

При нормальной работе вакуумный контактор (1) надежно отключает соответствующие токи. Для этого используется технология коммутации в вакууме, зарекомендовавшая себя на протяжении почти 40 лет, которая применяется для гашения электрической дуги с помощью вакуумных дугогасительных камер. Вакуумные дугогасительные камеры управляются магнитной системой с помощью встроенного толкателя.

Изолирующая крышка с держателем предохранителя (2) установлена на одной стороне контактора. С другой стороны она установлена на поперечине (7), под которой есть место для дополнительного управляющего трансформатора. Держатели, специально разработанные для использования двух высоковольтных плавких вставок с большой отключающей способностью, обеспечивают равномерное распределение тока в две плавкие вставки одной фазы.

Комбинированное устройство контактор-предохранитель оптимизировано для использования предохранителей 3GD2. Тем не менее, возможно также использование плавких вставок от других производителей (3). При выборе предохранителей для какой-либо сферы применения необходимо учитывать технические предельные значения, такие как нагревание из-за рассеиваемой мощности, предельная коммутационная способность и максимально допустимый сквозной ток.

Контакты (4) используются для установления соединения с отсеком шин и кабельным отсеком с помощью вводов, которые также могут быть дополнительно поставлены.

Дополнительный управляющий трансформатор (5) соединен с высоковольтными клеммами, расположенными на основной части комбинированного устройства контактор-предохранитель, в связи с чем необходимость в дополнительных кабелях отсутвует. Для защиты трансформатора на его основной стороне последовательно подключен и размещен в поперечине отдельный первичный предохранитель. Широкий модельный ряд позволяет оптимально подобрать управляющий трансформатор к существующей системе питания.

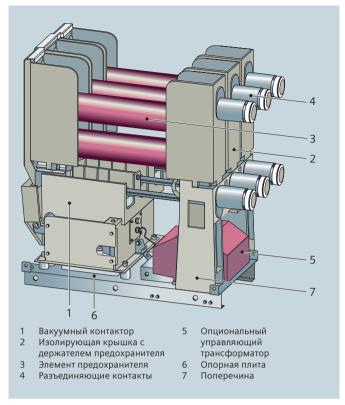


Рис. 4.3-11: Конструкция комбинированного устройства контакторпредохранитель 3TL6

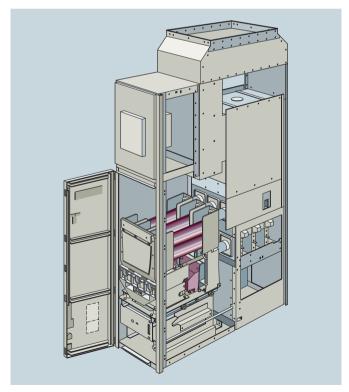


Рис. 4.3-12: Установка комбинированного устройства контакторпредохранитель на панели контактора

Режим работы

Главным образом, существует три различных режима или состояния работы: нормальная работа, короткое замыкание и

Во время нормальной работы комбинированное устройство функционирует в качестве контактора.

Чтобы замкнуть контактор, магнитная система может работать с контрольным током, дополнительно выведенным из управляющего трансформатора. Магнитная система постоянного тока работает как цепь с экономичным потреблением, обеспечивая высокую механическую прочность, низкий порог срабатывания и фиксируемость. Дополнительный фиксатор может удерживать вакуумный контактор в замкнутом положении даже без возбуждения магнитной системы. Вакуумный контактор деблокируется электрическим способом с помощью отпускающего соленоида или механическим способом путем отпуска дополнительного фиксатора с кабельным приводом.

В случае короткого замыкания предохранитель HV HRC плавится уже в ходе нарастания тока. Высвободившийся тепловой ударник активирует индикацию и приводит в действие вакуумный контактор. При оптимальной временной последовательности к этому моменту времени предохранитель уже прервет ток короткого замыкания.

В случае перегрузки высокий постоянный ток создает термическую перегрузку на плавкую вставку, тем самым отключая тепловой ударник. Контактор уже функционирует в период срабатывания дуги плавкого предохранителя, в результате чего ток координации протекает через вакуумные дугогасительные камеры. Этот ток координации не должен превышать максимальные значения переключения, так как это может привести к повреждению вакуумной дугогасительной камеры. Этого можно избежать, выбрав правильный предохранитель.

Примеры применения

Комбинированные устройства контактор-предохранитель могут применяться для управляющего переключения потребителей переменного тока в распределительном устройстве внутренней установки. Они используются, например, для выполнения следующих коммутационных функций:

- Пуск электромоторов
- Подключение и изменение направления вращения электромо-
- Переключение трансформаторов и реакторов
- Переключение резистивных потребителей (например, электрических печей)
- Переключение конденсаторов и компрессоров.

Эти функции позволяют использовать комбинированные устройства контактор-предохранитель в конвейерных и элеваторных системах, насосных станциях, системах кондиционирования воздуха, а также в системах для компенсации реактивной мощности, поэтому эти устройства можно найти почти в каждом промышленном секторе.

Стандарты

Комбинированные устройства контактор-предохранитель 3TL62/63/66 имеют открытую конструкцию и степень защиты IP00 в соответствии с МЭК 60470. Они соответствуют стандартам для высоковольтных контакторов переменного тока от 1 кВ до 12 кВ:

МЭК 62271-1	DIN EN 62271-1			
МЭК 60470 – издание 2000 года	IDIN EN 60470			
МЭК 62271-1 - 106 CDV 01'2010				
МЭК 60529	IDIN EN 60529			
МЭК 60721	DIN EN 60721			
МЭК 60282-1	IDIN EN 60282-1			
Испытательное напряжение согласно D/L 404, GB 14808, DL/T 593				

Краткий обзор преимуществ

- До одного миллиона электрических рабочих циклов
- Возможность использования для всех видов переключения
- Отсутствие необходимости в техническом обслуживании, надежность работы вакуумных дугогасительных камер и магнитного операционного механизма для максимальной эффективности затрат
- Широкий выбор моделей, удовлетворяющих самым различным требованиям
- Успешное прохождение типовых испытаний, наличие компактной конструкции (также для установки в узкие панели распределительного устройства)
- Специально разработанные держатели предохранителей для равномерного распределения тока
- Оптимизированная конструкция для высокой плотности мощности
- Надежность для оптимизации доступности
- Отличная совместимость с условиями окружающей среды
- Более 35 лет опыта работы с вакуумными контакторами.

4.3 Технология коммутации в вакууме и компоненты среднего напряжения

Тип	3TL62	3TL63	3TL66			
Номинальное напряжение	7.2 кВ	7.2 кВ	12 кВ			
Стандарт	МЭК 60470	МЭК 60470/ Высокая диэлектрическая прочность	МЭК 60470			
Номинальный нормальный ток (в зависимости от установки и сочетания с выбранными предохранителями)	450 A	400 A	400 A			
Тепловой ток I _{th}	В зависимости от устан	зависимости от установки и сочетания с выбранными предохранителями				
Номинальный ток отключения при коротком замыкании для тока ISC (ожидаемый)	50 кА	50 кА	40 KA			
Идентификатор макс. сквозного тока	46 кА	46 кА	46 кА			
Стойкость контактора к воздействию короткого замыкания (предельная коммутационная способность)	5 KA	4.6 кА	4.6 кА			
Номинальное выдерживаемое грозовое импульсное напряжение (зазор между заземлением и разомкнутым контактом)	60 кВ / 40 кВ	60 кВ / 40 кВ	75 кВ / 60 кВ			
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	20 кВ	32 кВ	28 кВ			
Скорость переключения	1 200 рабочих циклов/час	600 рабочих циклов/час	600 рабочих циклов/час			
Механическая износостойкость	1 миллион рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов	1 миллион рабочих циклов			
Макс. количество предохранителей на фазу	1 x 315 A или 2 x 250 A	1 x 315 A или 2 x 250 A	1 x 200 A или 2 x 200 A			
Расстояния между полюсом и центром	120 мм	120 мм	120 мм			
Размер под ключ		205 мм, 275 мм, 310 мм				
Доступны различные контактные системы и всеобъемлющий ассортимент вспомогательного оборудования						

Таблица 4.3-7: Характеристики комбинированного устройства контактор-предохранитель 3TL6

4.3.9 Разъединители и выключателиразъединители

Разъединители (также называемые изоляторами) используются для размыкания и замыкания электрических цепей практически без нагрузки. Выполняя эти задачи, они могут отключать незначительные токи (до 500 мА, например, емкостные токи шин или трансформаторов напряжения), а также более высокие токи, если нет значительного изменения напряжения между клеммами при отключении, например, во время переключения шин в распределительных устройствах с двойной системой шин, когда шиносоединительный выключатель находится в параллельно включенном положении

Фактической задачей разъединителей является создание изоляционного расстояния для безопасной работы с другим оборудованием, которое было "изолировано" разъединителем (рис. 4.3-14). По этой причине к надежности, видимости и диэлектрической прочности изоляционного расстояния предъявляются строгие требования. Различные разъединители и их свойства приведены в таблице 4.3-9.

Выключатели-разъединители (таблица 4.3-9, рис. 4.3-13) в одном устройстве одновременно выполняют функции выключателя нагрузки и создают изоляционное расстояние (разъединитель), поэтому они используются для отключения токов нагрузки до их номинального нормального значения тока. При подключении потребителей нельзя исключить возможность включения при имеющемся коротком замыкании. Именно поэтому современные выключатели-разъединители обладают включающей способностью при коротком замыкании. Для отключения токов короткого замыкания выключатели нагрузки (выключатели-разъединители) также могут быть использованы вместе с предохранителями. Ток короткого замыкания прерывается предохранителями. Затем предохранители отключают три полюса выключателя нагрузки (выключателя-разъединителя), отключая поврежденную линию передачи от энергосистемы.

Номинальный		Номина	льное напр	яжение
кратковременный выдерживаемый ток	Номинальный нормальный ток	12 кВ	24 кВ	36 кВ
20 кА	630 A	3DC	3DC/3DA	3DC
31.5 кА	630 A	3DC		
	1250 A	3DC	3DC/3DA	3DC
	1600 A	3DC	3DC/3DA	3DA
	2500 A	3DC	3DC	3DC
	3000 A			3DC
50 кА	1250 A	3DC		
	1600 A	3DC		
	2500 A	3DC		
	3000 A	3DC		
63 кА	1250 A	3DC		
	1600 A	3DC		
	2500 A	3DC		
	3000 A	3DC		

Таблица 4.3-8: Ассортимент разъединителей

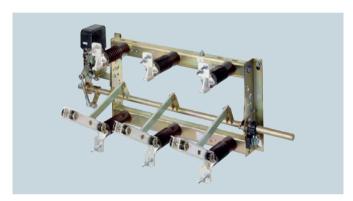


Рис. 4.3-13: Разъединитель в разъединенном положении

Тип		30	J2	
Номинальное напряжение	12 кВ	17,5 кВ	24 KB	36 кВ
Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	28 кВ/32 кВ	38 кВ/45 кВ	50 кВ/60 кВ	70 кВ/80 кВ
Номинальное выдерживаемое грозовое импульсное напряжение	75 кВ/85 кВ	95 кВ/110 кВ	125 кВ/145 кВ	170 кВ/195 кВ
Номинальный нормальный ток	400 A	400 A	400 A	630 A
Номинальный нормальный ток – без плавкой вставки	630 A/1000 A	630 A	630 A/1000 A	630 A/1000 A
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (1 с)	25 кА	25 кА	25 кА	20 ĸA
Номинальный ток включения при коротком замыкании	63 кА	63 кА	50 κA	25 кА
Номинальный ток отключения замкнутого контура	400 A/630 A	400 A/630 A	400 A/630 A	630 A
Номинальный ток отключения при постепенном повышении напряжения на кабеле	50 A	75 A	50 A	25 A
Номинальный ток отключения при замыкании на землю	150 A	200 A	150 A	70 A
Номинальный ток отключения при постепенном повышении напряжения на кабеле при замыкании на землю	86 A	100 A	86 A	40 A
Количество механических рабочих циклов	2500	2500	2500	1000
Крутящий момент механизма пружинного типа/механизма для накопленной энергии	44/60	54/62	64/64	90/150
Крутящий момент заземляющего ножа	60	65	70	120
Стандартный справочный размер предохранителя "е"	292	362	442	538

Таблица 4.3-9: Ассортимент выключателей-разъединителей

Принцип гашения дуги

Выключатели-разъединители работают по принципу автогазовой коммутации, поэтому дуга гасится в автогазовой камере следующим образом. Под воздействием температуры дуги из изолирующего материала камеры выделяется некоторое количество газа, который плотно окружает и гасит дугу.

Поскольку материал, обеспечивающий выделение газа, не может самовосстанавливаться, количество рабочих циклов ниже, чем у вакуумной дугогасительной камеры. Тем не менее, выключатели-разъединители, которые используют автогазовый принцип, используются чаще всего благодаря отличному соотношению цены/производительности.

Разъединители 3СJ2 имеют плоскую, автогазовую дугогасящую камеру, (1) на рис. 4.3-15. При размыкающем движении сначала отделяется контактный нож, (2) на рис. 4.3-15. Поскольку вспомогательный нож, (3) на рис. 4.3-15, направляемый в дугогасящую камеру, все еще находится в положении соприкосновения, ток течет теперь через вспомогательный нож. Когда ножи разъединителя достигают изоляционного расстояния, вспомогательный нож резко размыкает соединение. Размыкающаяся дуга горит в небольшом зазоре, а тепловой эффект производит достаточно газа для быстрого и эффективного гашения дуги.



Рис. 4.3-14: Выключатель-разъединитель

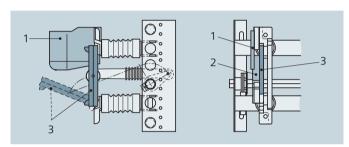


Рис. 4.3-15: выключатель-разъединитель 3CJ2: (1) плоская автогазовая дугогасящая камера, (2) контактный нож, (3) вспомогательный нож

4.3.10 Заземляющие ножи

Заземляющие ножи (табл. 4.3-10) используются для заземления и закорачивания деталей распределительных устройств, кабелей и воздушных линий. Они дают возможность безопасно работать на ранее заземленном эксплуатационном оборудовании. Их конструкция аналогична конструкции разъединителей вертикально-поворотного типа. Они часто устанавливаются на разъединители или выключатели-разъединители, а затем взаимно блокируются с этими устройствами, чтобы предотвратить заземление элементов под напряжением. Если вместо обычных заземляющих ножей используются заземляющие ножи с включающей способностью (заземляющие ножи с индикатором включения), заземление при коротком замыкании не являются опасными, даже если цепь случайно не была изолирована ранее (рис. 4.3-16, рис. 4.3-17).

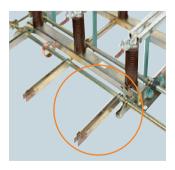


Рис. 4.3-16: Заземляющий нож в РАЗОМКНУТОМ положении с замкнутым разъединителем

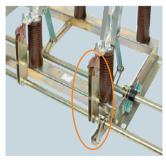


Рис. 4.3-17: Заземляющий нож в ЗАМКНУТОМ положении с разомкнутым разъединителем

Переключатели	и заземления	Номина	льное напр	яжение
Номинальное кратковременное выдерживаемое напряжение	Нормирован- ная амплитуда максимального выдерживае- мого тока	12 кВ	24 кВ	36 кВ
20 кА	50 κA	3DE	3DE/3DD	3DE
31.5 кА	80 KA	3DE	3DE/3DD	3DE
50 кA	125 кА	3DE		
63 кА	160 кА	3DE		

	мляющие но атором вклю		Номинальное напряжение					
Номинальное выдерживаемое грозовое импульсное напряжение	Номинальное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	Номинальный ток включения при коротком замыкании	7.2 кВ	12 кВ	15 кВ	24 кВ		
60 кВ	20 кВ	63 кА	3CX50					
60 кВ	28 кВ	50 кА		3CX50				
75 кВ	28 кВ	50 кА		3CX50				
95 кВ	38 кВ	52 кА			3CX50			
	FO D	40 KA				3CX50		
95 кВ	50 кВ	40 KA				JCNJU		

Таблица 4.3-10: Ассортимент заземляющих ножей

4.4 Низковольтные устройства

4.4.1 Требования к низковольтным устройствам в трех типах цепей

Применение устройства в цепи питания

Питание системы – это наиболее "чувствительная" цепь во всей системе распределения электроэнергии. Неполадка в этой части может отразиться на всей сети, оставив здание или все производство без электроэнергии. При проектировании необходимо учесть и этот наихудший сценарий. Для безопасной конфигурации сети очень важно предусмотреть резервные блоки системы и селективность защиты. Для выполнения этих предварительных условий необходимо, прежде всего, правильно выбрать защитные устройства. Информация о некоторых ключевых параметрах представлена ниже.

Номинальный ток

Выключатель питающей линии в низковольтных устройствах LVMD должен быть рассчитан на максимальную нагрузку трансформатора/генератора. При использовании вентилируемых трансформаторов необходимо учитывать более высокий нормальный ток трансформатора (1,5 х Іном).

Устойчивость к короткому замыканию

Устойчивость к короткому замыканию выключателя питающей линии определяется как (n-1) х lк_макс трансформатора или трансформаторов (n = количество трансформаторов). Это означает, что в месте установки выключателя должен быть известен максимальный ток короткого замыкания для того, чтобы выбрать соответствующую отключающую способность защитного устройства (lcu — номинальная предельная отключающая способность при коротком замыкании). Точные расчеты токов короткого замыкания, включая их снижение за счет сети среднего напряжения или кабельных линий, можно произвести, например, с помощью программного обеспечения SIMARIS design. SIMARIS design определяет максимальный и минимальный токи короткого замыкания и автоматически подбирает подходящие защитные устройства.

Категория использования

При проектировании сети большое значение имеют селективность, подбор ступеней выдержек времени защитных устройств. Если выдержки времени не превышают 500 мс, выбранный выключатель должен быть в состоянии пропускать ток короткого замыкания в течение заданного времени. Рядом с трансформатором токи очень высокие. Пропускная способность по току определяется значением Icw (номинальный кратковременный выдерживаемый ток) выключателя; это означает, что контактная система должна быть в состоянии передавать максимальный ток короткого замыкания, т. е. энергию, содержащуюся в нем, пока выключатель не сработает. Это требование выполняется выключателями, которые относятся к категории использования «В» (например, воздушными выключателями, АСВ). Токоограничивающие выключатели (выключатели в литом корпусе, МССВ) выполняют отключение во время нарастания тока. Следовательно, они могут иметь более компактную конструкцию.

Расцепители

При проектировании селективной сети расцепители (расцепляющие устройства) выключателей питающих линий должны иметь характеристику LSI. При этом должна быть возможность отключения мгновенного расцепителя (I). В зависимости от характеристики защитных устройств, находящихся выше или ниже по линии, характеристики выключателя питающей линии в диапазоне перегрузки (L), а также в диапазоне кратковременной задержки по времени при коротком замыкании (S) должны быть дополнительно переключаемыми (характеристики I⁴t или I²t). Это облегчает адаптацию устройств, находящихся выше или ниже по линии.

Внутреннее вспомогательное оборудование

В зависимости от соответствующего элемента управления, требуются не только независимые расцепители (ранее: f-расцепители), но и расцепители минимального напряжения.

Обмен данными (коммуникация)

Все чаще требуется информация о текущем рабочем состоянии, данные о техническом обслуживании, сообщения об ошибках, анализы и т.д., особенно от очень чувствительных цепей питания. Может потребоваться гибкость в связи с последующим обновлением или модернизацией для достижения требуемого типа передачи данных.

Применение устройства в цепях питания (секционирование)

Если секционное соединение (подсоединение сети 1 к сети 2) эксплуатируется в разомкнутом состоянии, в этом случае автоматический выключатель (секционный выключатель) выполняет исключительно функцию разъединителя или главного выключателя. Необходимость в функции защиты (расцепителе) полностью отсутствует.

К функционированию в замкнутом состоянии применяются следующие соображения:

- Номинальный ток должен быть принят из расчета максимально возможного нормального тока (компенсация нагрузки). Коэффициент одновременности может быть принят равным 0,9.
- Устойчивость к короткому замыканию
 Устойчивость к короткому замыканию выключателя питающей линии определяется суммой компонентов короткого замыкания, которые проходят через секционное соединение.
 Это зависит от конфигурации компонентов системы шин и их питания.
- Категория использования
 Что касается системы питания, категория использования "В" также требуется для пропускной способности по току (Icw).
- Расцепители

Для обеспечения надежности электроснабжения необходимо принимать во внимание режим частичного отключения с секционными соединениями. Поскольку секционный выключатель и выключатель питающей линии при возникновении аварии имеют одинаковые составляющие тока, что похоже на параллельную работу двух трансформаторов, в этом случае требуется характеристика LSI. Специальную функцию зональной селективной блокировки (ZSI) следует использовать для более крупных сетей и/или параметров защиты, которые трудно определить.

Применение устройства в цепи распределения

Сеть распределения получает питание из сети более высокого уровня (питающей сети) и подает его на следующий уровень распределения (конечная сеть).

В зависимости от страны, местной практики и т.д., для защиты системы могут быть использованы автоматические выключатели и предохранители. В принципе, все защитные устройства описаны в данной главе. Необходимо соблюдать технические требования касательно параметров электрической цепи. Если требуется абсолютная селективность, то преимущество имеет АСВ (воздушный автоматический выключатель). Тем не менее, по экономическим соображениям выключатель АСВ часто используется лишь в распределительной сети с номинальным током от 630 А или 800 А. Поскольку выключатель АСВ не является токоограничивающим устройством, он сильно отличается от других защитных устройств, таких как МССВ (выключатели в литом корпусе), МСВ (миниатюрные выключатели) и предохранители.

Таблица 4.4-1 показывает основные различия и предельные значения соответствующих защитных устройств.

Применение устройства в распределительной сети

Распределительная сеть нижнего уровня получает питание от сети распределения и подает его потребителю (например, двигателю, лампе, нестационарной нагрузке (розетке) и т.д.). Защитное устройство должно удовлетворять требования потребителя, который должно защищать.

Примечание:

Все параметры защиты, сравнение характеристик и т.д. всегда начинаются с нагрузки. Это означает, что для этих распределительных сетей не требуются защитные устройства с регулируемой ступенчатой выдержкой по времени.

		Воздушный выключатель АСВ	Выключатель в литом корпусе МССВ	Выключатель нагрузки с плавким предохранителем	Выключатель нагрузки с плавкими предохранителями	Автома- тический миниатюрный выключатель (МСВ)	Контрольные значения, технические требования	
Стандарты	МЭК	Да	Да	Да	Да	Да	Регион	
Применение	Защита системы	Да	Да	Да	Да	Да	Система энергоснабжения	
Установка	Фиксированная установка:	Да	Да	Да	Да	Да	Коэффициент	
	Вставной тип	-	До 800 А	-	Частично	-	готовности	
	Выкатной элемент	Да	Да	-	-	-		
Номинальный ток	Ін	6300 A	1600 A	630 A	630 A	125 A	Нормальный ток I _в	
Наибольшая отключающая способность при коротком замыкании	lcu	До 150 кА	До 100 кА	До 120 кА	До 120 кА	До 25 кА	Максимальный ток КЗ Ік_макс	
Пропускная способ- ность по току	lcw	До 80 кА	До 5 кА	-	-	-	Цепь	
Количество	3-полюсной	Да	Да	Да	Да	Да	Система	
полюсов	4-полюсной	Да	Да	-	Частично	-	энергоснабжения	
Характеристика от-	ETU	Да	Да	-	-	-	Система	
ключения	TM	-	до 630 А	Да	Да	Да	энергоснабжения	
Функция отключения	LI	Да	Да	Да*	Да*	Да		
	LSI	Да	Да	-	-	-	Система	
	N	Да	Да	-	-	-	энергоснабжения	
	G	Да	Да	-	-	-		
Характеристики	Нерегулируемые	-	Да	Да	Да	Да		
	Регулируемые	Да	Да	-	-	-	Система	
	В качестве опции	Да	Да	-	-	-	энергоснабжения	
Защита от поражения электрическим током, в условиях отключения	Определение тока Ik_мин.	Без ограничений	Без ограничений *)	Зависит от длины кабеля	Зависит от длины кабеля	Зависит от длины кабеля	Минимальный ток КЗ Ік_мин	
Коммуникация	Высокий	Да	-	-	-	-		
(передача данных)	Средний	Да	Да	-	-	-	Требования заказчика	
	Низкий	Да	Да	Да	Да	Да	Janasania	
Управление	Местное	Да	Да	Да	Да	Да	Тооборошия	
	Дистанционное (двигатель)	Да	Да	-		-	Требования заказчика	
Снижение номи- нальных значений	Полный расчетный номинальный ток	60 °C	50 °C	30 ℃	30 °C	30 °C	Распределительное устройство	
Синхронизация системы		Да	До 800 А	-	-	-	Система энергоснабжения	

Рис. 4.4-1: Обзор защитных устройств; *) с ETU: без ограничений / с TMTU: зависит от длины кабеля

4.4.2 Низковольтные защитные и коммутационные устройства

В следующей главе особое внимание уделяется критериям выбора характеристик и соответствующих устройств (табл. 4.4-2 и табл. 4.4-3), которые используются в главных сетях распределения электроэнергии коммерческих зданий и промышленности.

Примечание:

Все аппараты, приведенные в таблицах, применяются в низковольтных системах распределения энергии или распределительных щитах, соответствующих МЭК. К системам, соответствующим стандартам UL, применяются другие нормы и критерии. В зависимости от страны, стандартных спецификаций, местной практики применения, инженера-проектировщика, технических пороговых значений и т.д., низковольтные системы распределения электроэнергии могут состоять из различных защитных устройств.*

Электрические схемы и назначение устройств

(раздел 3.3.2 "Задание размеров систем распределения электроэнергии")

Основная конфигурация низковольтной системы распределения электроэнергии и назначение защитных устройств, включая их основные функции

Основные функции в соответствующих цепях:

• Цепь питания

Задача: Защита системы

Устройство защиты:

- АСВ (воздушный автоматический выключатель)
- Цепь распределения

Задача: Защита системы

Защитные устройства:

- АСВ (воздушный автоматический выключатель)
- МССВ (выключатель в литом корпусе)
- SD (выключатель-разъединитель)
- Распределительная сеть

Задача: Защита двигателя

Защитные устройства:

МССВ (выключатель для защиты двигателя)

- SD (выключатель-разъединитель)
- MSP (контактор 3RT, реле защиты от перегрузки 3U, устройство защиты и управления двигателями 3UF)

Автома	тические выключатели	
ACB	Воздушный автоматический выключатель — Не ограничивающий ток выключатель — Выключатель-разъединитель при нулевом значении тока	
MCCB	Выключатель в литом корпусе — Токоограничивающий выключатель	
MCB	Миниатюрный автоматический выключатель	
MSP	Защитное устройство пускателя двигателя	
MPCB	Автоматический выключатель защиты двигателя — Автоматический выключатель для защиты электродвигателя	

Рис. 4.4-2: Обзор типов автоматических выключателей

Коммутирующие устройства
(выключатель нагрузки с плавким предохранителем/выключа-
тель-пазъелинитель)

SD Выключатель-разъединитель В зависимости от принципа действия эти устройства делятся на две основные группы:

Зависящие от оператора

Без механизма мгновенного замыкания и размыкания контактов, с защитой (предохранителями); в этих аппаратах предохранители перемещаются при замыкании и размыкании цепи (=разъединитель с плавкими предохранителями)





С механизмом мгновенного замыкания и размыкания контактов, с защитой (предохранителями); в этих устройствах предохранители не перемещаются при замыкании и размыкании цепи (=выключатели нагрузки с предохранителями)



Не зависящие от оператора

С механизмом мгновенного замыкания и размыкания контактов, без защиты (без предохранителей); эти аппараты используются только для коммутации цепи, обычно как главные выключатели (=выключатели нагрузки без предохранителей)





Рис. 4.4-3: Обзор коммутационных устройств

^{*} В случае возникновения у вас вопросов касательно применения стандартов UL, пожалуйста, обратитесь в местное представительство компании Siemens. Мы можем предоставить решения касательно вопросов такого применения, однако к ним следует относиться совершенно по-другому.

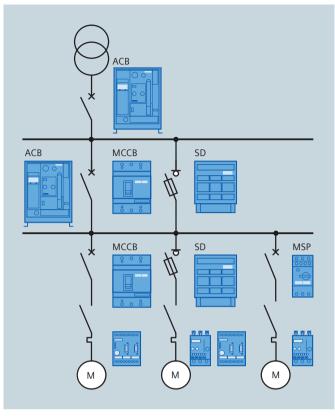


Рис. 4.4-4: Основные функции защитных устройств в отдельных видах цепи

Критерии для выбора устройства

Защитное устройство всегда является частью цепи (рис. 4.4-1) и должно удовлетворять соответствующим требованиям (раздел 3.3.2 "Определение основных характеристик систем распределения энергии"). Наиболее важные критерии выбора приведены

Основные критерии выбора

На рис. 4.4-5 показаны семь наиболее важных критериев, которые должны быть, по крайней мере, приняты во внимание при выборе устройства

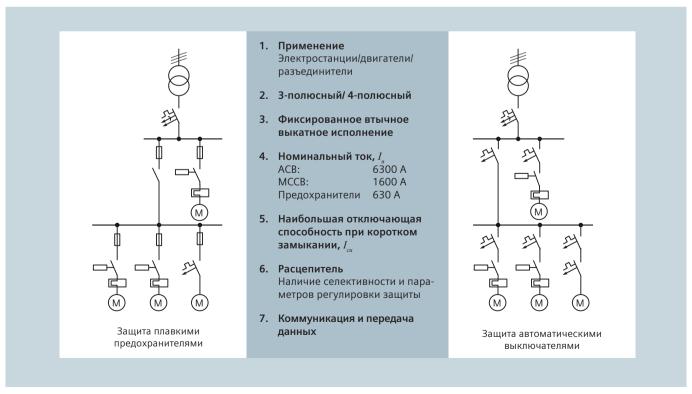


Рис. 4.4-5: Основные критерии выбора

4.4.3 Программа для расчетов систем энергораспределения

Точный выбор защитного устройства и, следовательно, определение размеров энергораспределительных шкафов требует выполнения многочисленных подсчётов тока короткого замыкания и падения напряжений. Необходимо также изучить каталожные данные касательно энергий короткого замыкания, селективности и резервной защита отдельных устройств и узлов. Кроме того, следует соблюдать соответствующие нормы и стандарты. На данном этапе следует упомянуть программу для проектирования SIMARIS design, которая автоматически учитывает перечисленные выше условия, данные из каталогов, стандарты и нормы, и, соответственно, автоматически производит расчет устройств.

Селективность и резервная защита

Помещения, используемые для медицинских целей (МЭК 60364-7-710, DIN VDE 0100-710), и конференц-залы (МЭК 60364-7-718, DIN VDE 0100-718) требуют выбора защитных устройств в отдельных зонах. Для других типов зданий, таких как вычислительные центры, существуют требования к селективности защитных устройств, потому что только цепь, в которой произошло короткое замыкание, должна быть отключена, а другие цепи должны продолжать получать питание без перебоев.

Поскольку достижение результатов селективности приводит к увеличению затрат, следует решить, для каких цепей селективность необходима. Резервная защита является более экономичным вариантом. В этом случае, находящееся выше по линии защитное устройство, например, низковольтный предохранитель с высокой отключающей способностью (LV HRC), будучи резервным предохранителем группы, помогает защитному устройству, расположенному ниже по линии, в процессе отключения тока

короткого замыкания, то есть, все находящееся выше и ниже по линии защитные устройства отключаются. Ток короткого замыкания, однако, уже удалось существенно снизить находящимся выше по линии защитным устройством, поэтому защитное устройство, которое находится ниже по линии, может иметь меньшую отключающую способность при коротком замыкании. Резервную защиту следует использовать, когда ожидаемый ток короткого замыкания превышает отключающую способность коммутационного устройства или потребителей. В противном случае, дополнительное ограничивающее защитное устройство снижает селективность или вообще ее не обеспечивает.

Во время принятия решения касательно селективности или резервной защиты следует придерживаться данной схемы:

- Определите в точке установки максимальный ток короткого замыкания.
- Проверьте, способно ли выбранное защитное устройство отключить ток короткого замыкания в одиночку или с использованием резервной защиты находящихся выше по линии защитных устройств,
- Проверьте, при каком токе защитные устройства, находящиеся выше и ниже по линии, являются селективными друг для друга.

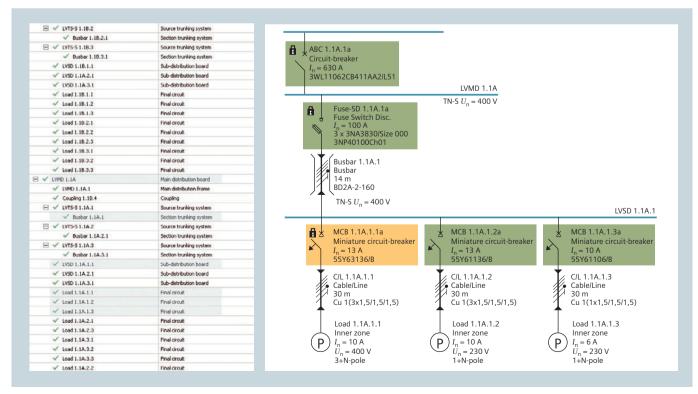


Рис. 4.4-6: Энергораспределение в центре обработки данных, показанное в программе SIMARIS design

Селективность и резервная защита для центров обработки ланных

Вычислительные центры предъявляют высокие требования к безопасности энергоснабжения. Это особенно касается потребителей, подсоединенных к источнику бесперебойного питания, а также обеспечивающих надежное резервное копирование данных в случае неисправности или прерывания на обслуживание. На данном этапе следует представить те решения, которые обеспечивают селективность и резервную защиту с помощью ранее упомянутого инструмента для конфигурации SIMARIS design. На рис. 4.4-6 показана энергораспределительная система в программе SIMARIS design. Выключатель SENTRON 3WL, будучи выключателем отходящей питающей линии, находится выше по линии в описанной здесь распределительной системе. На приведенных ниже рисунках показаны диаграммы селективности для рассматриваемой распределительной системы, автоматически генерированные программой SIMARIS design (рис. 4.4-7). SIMARIS design показывает кривую характеристики рассматриваемой цепи (красные линии), и кривые всех устройств, расположенных выше (синяя линия) и ниже по линии (зеленая линия). Кроме минимального и максимального тока короткого замыкания, для отдельных цепей также указываются ограничения селективности.

На рис. 4.4-8 показана селективность автоматического выключателя ЗWL из основной системы распределения и группы резервных предохранителей (предохранитель LV HRC на 100 A) подраспределительной системы. Не стоит защищать одним и тем же резервным предохранителем тех потребителей, которые в порядке очереди устанавливаются в подраспределительную систему и для которых функциональная износостойкость является важным фактором – предпочтительнее отнести таких потребителей к разным группам.

График селективности показывает кривые цепи однофазного потребителя в подраспределительной системе. Этот график, где цепь защищена модульным автоматическим выключателем на 10 A с характеристикой В и с максимальным током короткого замыкания в 5892 кА, селективным для группового резервного предохранителя на 100 A.

Та же подраспределительная система также содержит пример для резервной защиты. На рис. 4.4-9 показан график селективности для комбинации группового резервного предохранителя с модульным автоматическим выключателем на 13 А характеристики В. До отключающей способности модульного выключателя на 6 кА, два защитных устройства являются селективными друг для друга. В случае превышения этого значения предохранитель ограничивает ток и защищает модульный автоматический выключатель; оба устройства отключаются.

Программа SIMARIS design автоматически генерирует кривые характеристик, чтобы предоставить точную информацию о максимальном и минимальном токе короткого замыкания в цепи. На рис. 4.4-9 также покано, до какого тока защитные устройства являются селективными друг для друга.

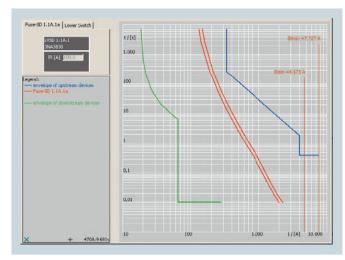


Рис. 4.4-7: Селективность групповых резервных предохранителей для защитных устройств выше по линии

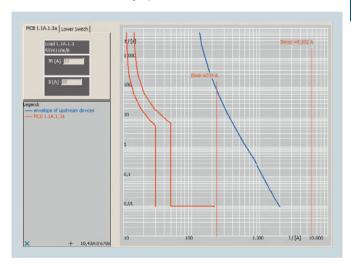


Рис. 4.4-8: Селективность группового резервного предохранителя и модульного автомата

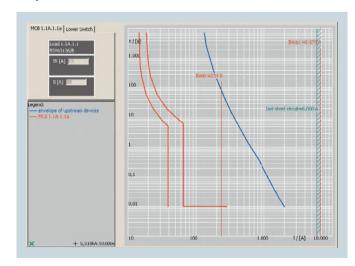


Рис. 4.4-9: Резервная защита группового резервного предохранителя и модульного автомата

4.5 Ограничители перенапряжений

Основной задачей ограничителя перенапряжений (ОПН) является защита оборудования от воздействия перенапряжений. В нормальных условиях работы ОПН не должен отрицательно влиять на энергосистему. Кроме того, ОПН должен выдерживать стандартные импульсы перенапряжений без каких-либо повреждений. Этим требованиям соответствуют нелинейные резисторы со следующими свойствами:

- Низкое сопротивление во время импульсов перенапряжения, благодаря чему перенапряжения ограничиваются
- Высокое сопротивление во время нормальной работы, что позволяет избежать негативных эффектов для энергосистемы
- Достаточная способность поглощать энергию для обеспечения стабильной работы.

При применении такого типа нелинейных резисторов при приложении длительно допустимого напряения через них протекает лишь небольшой ток. При появлении перенапряжения, большое количество энергии может быть отведено из энергосистемы разрядным током ОПН.

4.5.1 Высоковольтные ограничители перенапряжений

Нелинейные резисторы

Наиболее подходящими для этих целей оказались металоксидные резисторы. Металоксидные резисторы имеюто очень высокую нелинейность. По этой причине ОПН на металоксидных резисторах не нуждаются в последовательных искровых промежутках (рис. 4.5-1).

Компания Сименс обладает многолетним опытом в производстве ОПН, - как ОПН на основе карбида кремния с искровыми промежутками, так и металоксидных ОПН без искровых промежутков, - для сетей низкого напряжения, распределительных и магистральных сетей. ОПН обычно применяются для защиты трансформаторов, генераторов, двигателей, конденсаторов, электротранспорта, кабелей и подстанций.

Существуют особые условия применения ОПН, такие как защита:

- оборудования в подверженных землетрясениям районах или в местах с высокой степенью загрязнения атмосферы
- чувствительных к перенапряжению двигателей и сухих трансформаторов
- генераторов на электростанциях с помощью ограничителей перенапряжения, которые обладают высокой степенью устойчивости к току короткого замыкания
- KPУ3
- Вентилей в установках постоянного тока высокого напряжения
- статических компенсаторов
- систем освещения аэропортов
- электрических плавильных печей в стекольной и металлургической промышленности
- оболочек высоковольтных кабелей
- аппаратуры испытательных лабораторий.

Металоксидные ОПН применяются в сетях среднего, высокого и сверхвысокого напряжения. Здесь особенно важными являются низкий уровень защиты и высокая способность поглощения энергии, выделяющейся во время коммутационных перенапряжений. Для высоких уровней напряжения простая конструкция металоксидных ОПН всегда является преимуществом. Другим очень важным преимуществом металоксидных ОПН является их высокая надежность при применении в районах со сложными климатическими условиями, таких, например, как морские побережья или пустыни, а также в районах с высокой степенью загрязнения

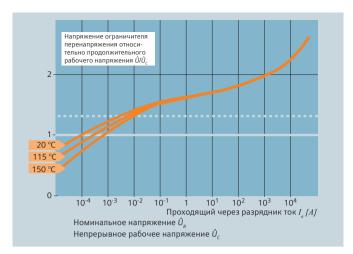


Рис. 4.5-1: Параметры тока/напряжения нелинейного разрядника МО





Рис. 4.5-2: ОПН в традиционном фарфоровом корпусе; применим для сетей с напряжением до 800 кВ

Рис. 4.5-3: **Разрез ОПН в поли-** мерном корпусе

атмосферы. Кроме того, некоторый особые условия применения делают возможным использование только металоксидных ОПН. Одним из примеров является защита батарей конденсаторов в оборудовании компенсации реактивной мощности, при которой требуется поглощение очень большого количества энергии.

Традиции и инновации

На рис. 4.5-2 показан ОПН в традиционном фарфоровом корпусе, который представляет собой многолетний опыт компании Сименс. Сименс также предлагает ОПН в полимерном корпусе, предназначенные для применения в сетях любого напряжения и с любыми механическими нагрузками.

Эти ОПН делятся на два типа:

- ОПН с клеточной конструкцией
- ОПН с трубчатой конструкцией.

На рис. 4.5-3 показан ОПН с трубчатой конструкцией. Его корпус является трубкой из стекловолокна, юбки изолятора изготовлены из силиконовой резины. Преимуществами такой конструкции, которая имеет такую же мембрану для сброса давления, как и ОПН в фарфоровом корпусе, являются абсолютно безопасные и надежные параметры сброса давления, высокая механическая прочность даже после сброса давления, и отличная устойчивость к загрязнениям. Благодаря очень хорошим механическим свойствам ОПН Siemens в полимерном корпусе (тип ЗЕQ) могут также служить в качестве опорных изоляторов. Устойчивость к загрязнению является следствием водоотталкивающего эффекта гидрофобности силиконовой резины, которая даже передает этот эффект на загрязнение.

Новейшие ОПН в полимерном корпусе могут иметь клеточную конструкцию. При использовании таких же металоксидных резисторов они имеют те же превосходные электрические характеристики, что и ОПН типа ЗЕР и ЗЕQ. Разница заключается в том, что ОПН типа ЗЕL (рис. 4.5-4) обладают механической прочностью благодаря клетке, состоящей из армированных волокнами пластиковых стержней. Кроме того, чтобы предотвратить проникновение влаги и возникновение частичных разрядов, вся активная часть полностью покрыта силиконовой резиной. Выбранная компанией Siemens ОПН в полимерном корпусе, а также используемые компанией высококачественные материалы обеспечивают целый ряд преимуществ, среди которых длительный срок службы и пригодность для наружной установки, высокие механические характеристики и простота утилизации.

Еще одним видом ОПН являются ОПН с элегазвой изоляцией в металлическом корпусе (ОПН для КРУЭ, рис. 4.5-5). Компания Сименс изготавливает такие ОПН уже 25 лет. Есть две причины, по которым такие ОПН, применяемые с КРУЭ, как правило, обеспечивают более высокую степень защиты, чем отдельно стоящие ОПН: первая - они могут быть установлены ближе к защищаемому оборудованию, что позволит снизить воздействие бегущей волны более эффективно, вторая - меньшая по сравнению с отдельно стоящими ОПН индуктивность (как присоединительных проводов, так и самого ОПН. Это означает, что ОПН в составе КРУЭ обеспечивают намного лучшую, по сравнению с другими способами, защиту, особенно при импульсах с большой крутизной фронта или высокой частоты, к которым КРУЭ особенно чувствительно.

Мониторинг

Компания Сименс так же предлагает широкий спектр устройств для диагностики и мониторинга состояния ОПН. Инновационное устройство мониторинга ОПН (рис. 4.5-6) является главным элементом линейки продуктов по мониторингу ОПН в соответствии с IEC 61850.



Рис. 4.5-4: ОПН клеточной конструкции типа 3EL



Рис. 4.5-5: ОПН с элегазовой изоляцией (ОПН для КРУЭ)



Рис. 4.5-6: ОПН среднего напряжения для специального применения



Рис. 4.5-7: **Устройство мониторинга состояния ОПН**

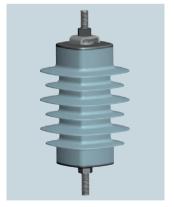


Рис. 4.5-8: ОПН среднего напряжения ЗЕК4 для распределительных сетей

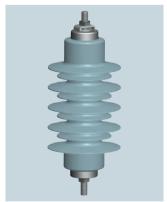


Рис. 4.5-9: ОПН среднего напряжения ЗЕК7 для распределительных сетей

4.5.2 ОПН и ограничители среднего и низкого напряжения

ОПН и ограничители защищают оборудование как от внешних перенапряжений, вызванных ударами молнии в воздушные линии, так и от внутренних перенапряжений, вызванных коммутационными операциями или коротким замыканием на землю. Как правило, ОПН устанавливают между фазой и землей. Встроенная группа нелинейных, зависящих от напряжения резисторов (варисторов), изготовленных из оксида цинка (ZnO), становится

проводником при определенном уровне перенапряжения, благодаря чем энергия импульса перенапряжения может быть отведена на землю. Когда напряжение промышленной частоты становится ниже этого предельного значения, которое называется разрядным напряжением, варисторы возвращаются к своему исходному значению сопротивления, поэтому только ток утечки величиной в несколько мА течет при рабочем напряжении. Поскольку данный ток утечки нагревает резисторы и разрядник, для предотвращения недопустимого перенагрева разрядника устройство должно быть разработано с учетом режима нейтрали системы.

	Специальное применение		Применение на	железной дороге		•	ые сети среднего жения
	3EF1; 3EF3; 3EF4; 3EF5	3EB2	3EC3	3EB4	3EB1	3EK4	3EK7
	A A	tumos ***					
Применение	Электродви- гатели, сухие трансформаторы, системы освеще- ния взлетно-по- садочных полос, ограничители напряжения на корпусе, защита преобразователей для приводов	Контактные сети постоянного тока	Системы по- стоянного тока (локомотивы, контактные сети)	Системы переменного и постоянного тока (локомотивы, контактные сети)	Системы переменного и постоянного тока (локомотивы, контактные сети), для самой высо- кой скорости	Распредели- тельные сети и распределитель- ные устройства среднего напря- жения	Распредели- тельные сети и распределитель- ные устройства среднего напря- жения
Максимальное напряжение для оборудования (Um), кВ	12	2	4	72.5	30	45	72.5
Максимальное номинальное напряжение кВ	15	2	4	60 (перем. ток); 4 (пост. ток)	37 (перем. ток); 4 (пост. ток)	36	60
Номинальный разрядный ток, кА	3EF1 1 3EF3 1 3EF4 10 3EF5 10	10	10	10	10	10	10
Удельная энер- гоемкость на1 кВ наибольшего рабочего напря- жения, кДж/кВ	3EF1 0,8 3EF3 4 3EF4 12,5 3EF5 8	10	10	8 (перем. ток); 10 (пост. ток)	8 (перем. ток); 10 (пост. ток)	3.51)	3.51)
Импульс тока длительностью 2000 мкс, А	3EF4 1,600 3EF5 1,200	1,200	1,200	850 (перем. ток); 1 200 (пост. ток)	850 (перем. ток); 1 200 (пост. ток)	325	325
Ток термической стойкости, кА	40	40	40	40	40	20	20
Устройство ОПН или ограничителя	Полиэтилен	Композит	Фарфор	Композит	Композит	Композит	Композит
Принцип разра- ботки	ЗЕF1 - резисторы, непосредственно покрытые поли- этиленом; ЗЕF3/ЗЕF4/ЗЕF5 - полый изолятор	Резисторы, непосредственно покрытые поли- этиленом	Полый изолятор	Полый изолятор, трубка из во- локна непосред- ственно покрыта композитом	Полый изолятор, трубка из во- локна непосред- ственно покрыта композитом	«Клетка», метал- локсидные рези- сторы непосред- ственно покрыты композитом	«Клетка», металлоксидные резисторы непосредственно покрыты композитом
Устройство сбро- са давления	Нет	Нет	Да	Да	Да	Нет	Нет

Табл. 4.5-1: Металлоксидные ОПН и ограничители среднего напряжения (от 300 В до 72.5 кВ)

		Φ						V			
	3EP5	Ψap 3EP4	офор 3EP6	3EP3	3EL5	3EL1	3EL2	Композит 3EQ1	3EQ4	3EQ3	3EQ5
	**						4	*			
Применение	Сети среднего и высокого напря- жения, открытая установка	Сети среднего и высокого напря- жения, открытая установка	Сети среднего и высокого напря- жения, открытая установка	Сети высокого напря- жения, наружной установки, для при- менения в электро- передачах постоян- ного тока высокого напряже- ния, для син- хронных компен- саторов и татиче- ских тири- сторных компенса- торов	Сети среднего и высокого напряжения, для применения на подстан- циях и ВЛ	Сети среднего и высокого напряже- ния, для примене- ния на подстан- циях и ВЛ	Сети среднего и высокого напряже- ния, для примене- ния на подстан- циях и ВЛ	Сети среднего и высокого напря- жения, открытой установки	Сети высокого напря- жения, открытой установки	Системы высокого напряжения, внешние установки, для применения при постоянном токе высокого напряжения (НVDC), для синхронных (SC) и статически регулируемых компенсаторов (SVC)	Сети высокого напря- жения, открытой установ- ки. Также для при- менения в электро- передачах постоян- ного тока высокого напряже- ния.
Максимальное напряжение для оборудования (Um), кВ	123	362	550	800	145	362	550	362	550	800	1,200
Максимальное номинальное напряжение кВ	96	288	468	612	126	288	468	288	468	612	850
Номинальный разрядный ток, кА	10	10	20	20	10	10	20	10	20	20	20
Класс разряда линии	3	3	5	5	2	2	4	3	5	5	5
Удельная энергоемкость на1 кВ наибольшего рабочего напряжения, кДж/кВ	8	8	14	25	2	5	10	8	18	25	66
Импульс тока длительностью 2000 мкс, А	1100	1100	2000	7000	550	750	1200	1100	3200	8500	11000
Ток термической стойкости, кА	40	65	65	100	20	65	65	50	80	80	80
Максимально допустимая механическая нагрузка, кНм	2.0 (SSL) ¹⁾	3 (SSL) ¹⁾	16.0 (SSL) ¹⁾	34 (SSL) ¹⁾	0.5 (SSL) ¹⁾	1.2 (SSL) ¹⁾	4.0 (SSL) ¹⁾	6.0 (SSL) ¹⁾	38 (SSL) ¹⁾	72 (SSL) ¹⁾	225 (SSL) ¹⁾
Материал корпуса		Фар	фор					Композит			
Устройство ОПН		Полый і	изолятор			оксидный ре едственно по композитом	окрытые		олятор, трубн венно покры		
Устройство сбро- са давления		Ţ	ļа			Нет			ļ	Д а	
¹⁾ SSL = Кратковремен Табл. 4.5-2: ОПН в		апряжения	(от 72.5 до	1200 кВ)							

Табл. 4.5-2: **ОПН высокого напряжения (от 72.5 до 1200 кВ)**

Продукты и устройства

4.5 Ограничители перенапряжений

В отличие от обычного ОПН, ограничитель перенапряжений имеет последовательно соединенные искровые промежутки в дополнение к варисторам. Если нагрузка в результате перенапряжения достаточно велика, искровые промежутки пробиваются, и перенапряжение может быть отведено на землю, пока не погаснет дуга в промежутках, а варисторы не вернутся в свое непроводящее состояние. Этот процесс неоднократно повторяется на протяжении всего времени короткого замыкания. Это позволяет разработать устройство с разрядным напряжением значительно ниже, чем у обычного ОПН, что особенно полезно для защиты электродвигателей, изоляция которых имеет малую диэлектрическую прочность. Для обеспечения достаточной степени защиты значение разрядного напряжения ОПН и ограничителей не должно превышать диэлектрическую прочность изоляции защищаемого оборудования.

Ассортимент изделий среднего напряжения включает в себя:

- ОПН типа ЗЕВ и ЗЕС для применения в сетях железных дорог как постоянного, так и переменного напряжения (рис. 4.5-7).
- Линейка ОПН и разрядников для защиты двигателей, сухих трансформаторов, систем освезения взлетно-посадочных полос и оболочек кабелей, а так же преобразователей электродвигателей (рис. 4.5-6).
- ОПН в полимерном корпусе типа ЗЕК для распределительных сетей, для применения в распределительных устройствах и на ВЛ до 72.5 кВ, для наружной установки (рис. 4.5-8, 4.5-9).

Обзор всех ОПН производства компании Сименс приведен в таблицах 4.5-1 - 4.5-3.

		3ES5-C/M/N, 3ES4-К 3-фазный	3ES2-E 1-фазный	3ES4-L, 3ES5-Н 1-фазный	3ES9-J 1-фазный	3ES с использо- ванием масла SF ₆ 1-фазный	3ES6 3-фазный
Применение			C	Сети высокого напря	іжения, защита КРУ	Э	
Максимальное напряжение для оборудования, кВ ($U_{\scriptscriptstyle m}$)	кВ	170	245	550	800	550	420
Номинальное напряжение, кВ	кВ	156	216	444	612	444	336
Номинальный разрядный ток, кА	кА	20	20	20	20	20	20
Класс разряда линии		4	4	5	5	5	5
Удельная энергоемкость на1 кВ наибольшего рабочего напряжения, кДж/кВ	кДж/кВ	10	10	13	18	13	7
Импульс тока длительно- стью 2000 мкс, А	А	1200	1200	1600	2100	1600	1600
Ток термической стойкости, кА	кА	63	50	63	63	63	63
Максимально допустимая механическая нагрузка, кНм	кНм			-	-		
Материал корпуса				мет	алл		
Устройство сброса давления		5 - 800 vP)		Д	a		

Табл. 4.5-3: ОПН в составе КРУЭ (72.5 - 800 кВ)

Для получения дополнительной информацией свяжитесь с: Факс: + 49 30 3 86-3 32 22

Электронная почта: arrester.energy@siemens.com

Продукты и устройства

4.6 Измерительные трансформаторы

4.6 Измерительные трансформаторы

4.6.1 Измерительные трансформаторы высокого напряжения

Введение

Измерительные трансформаторы преобразовывают высокие токи и напряжения к стандартизированным низким и легко измеряемым значениям. Измерительные трансформаторы обеспечивают выдачу сигналов, которые являются очень точным представлением параметров электропередачи по фазе и амплитуде. Это позволяет расчитывать прибыль с высокой точностью.

При использовании для защиты измерительный трансформатор должен точно отображать состояние электропередачи как в установившемся, так и в переходном режиме. Сигналы от измерительных трансформаторов являются основанием для оперирования силовыми выключателями при КЗ и, таким образом, основой безопасности и надежности сети.

Измерительные трансформаторы, используемые для управления сетью, предоставляют информацию, необходимую для определения состояния сети.

Надежность и безопасность

Под надежностью измерительного трансформатора предполагается его способность постоянно соответствовать предписанным критериям эффективности функционирования на протяжении ожидаемого срока службы при определенных условиях эксплуатации. Под безопасностью понимаются допустимость и последствия отказа измерительного трансформатора в аварийном режиме, вызванного превышением нагрузок над теми, для которых он был спроектирован, или достижения трансформатором конца срока его службы.

Характеристики надежности и безопасности измерительного трансформатора определяются его исполнением, технологией изготовления и особенностями расположения. Уровень частичных разрядов при эксплуатации - ключевой фактор при расчете ожидаемого срока службы и надежности измерительного странсформатора при длительной эксплуатации.

По МЭК уровень частичных разрядов для измерительных трансформаторов с масляной или элегазовой изоляцией не должен превышать 10 пкКл при наибольшем рабочем напряжении. С учетом растущих современных требований к сетям высокого и сверх-высокого напряжения Trench Group решила применять еще более жесткие внутренние требования. Собственно, измерительные трансформаторы Trench имеют значительно лучшие характерисики, чем предписаны в стандартах, что подтверждено опытом эксплуатации. Измерительные трансформаторы могут иметь масляную (рис. 4.6-2) или элегазовую изоляцию (рис. 4.6-1).

Маслонаполненные измерительные трансформаторы

Надежность и безопасность маслонаполненных измерительных трансформаторов Trench доказана 50-летним опытом и эксплуатацией более 100 000 устройств в самых разнообразных условиях окружающей среды. В основе трансформатора лежит современная конструкция и применения мер для обеспечения безопасности при КЗ. В случае неожиданных чрезмерных нагрузок в сети безопасность достигается установкой изоляционных барьеров в маслонаполненном трасформаторе. Барьеры устанавливаются в критически важных местах маслонаполненного трансформатора и предотвращают образование угольных волокон в масле в случае КЗ.

Кроме того, невозможно разрушение корпуса измерительного

трансформатора, в особенности полого изолятора с находящимся внутри емкостным вводом. Это невозможно благодаря тщательному вычислению размеров и соединению корпуса обмотки с землей

При повышении давления безопасность обеспечивается:

- Сварным корпусом
- Расширителем для масла.

В случае серьезного нарастания внутреннего давления сварные швы, соединяющие верхнюю и нижнюю части главного корпуса, и металлические расширители предназначены для уменьшения давления.

Так как обычно давление внутри измерительного трансформатора составляет 1 бар (абс.), то компенсаторы могут быть разработаны таким образом, чтобы они срабатывали при очень небольшом давлении. Дополнительная безопасность обеспечивается при выборе композитных изоляторов, которые доступны для всех измерительных трансформаторов как альтернатива традиционным фарфоровым.

Для компенсации давления в емкостных трансформаторов напряжения используется игла, прокалывающая компенсатор. Кроме того, применяются фарфоровые изоляторы, достаточно прочные, чтобы выдержать быстрое возрастание давления до того, как будут выбиты защитные крышки на концах изоляторов, без разрушения самого изолятора.

Газонаполненные измерительные трансформаторы

Основой надежности и безопасности газонаполненных измерительных трансформаторов Trench является следующее:

- 50-летний опыт производства измерительных трансформаторов с использованием эпоксидной смолы и промасленной бумаги
- Тысячи газонаполненных измерительных трансформаторов, функционирующих в разных условиях окружающей среды.

Взрывобезопасная конструкция

Современные газонаполненные измерительные трансформаторы Trench были разработаны в 1965 году как ответ на запрос клиентов, которые хотели получить взрывобезопасное оборудование. Для этой цели особенно подходит элегазовая изоляция в сочетании с композитными изоляторами, поскольку в случае внутреннего перекрытия изоляции повышение давления будет линейным, и поэтому управляемым. Устройство контролируемого снижения давления в верхней части трансформатора (разрывная мембрана) устраняет неприемлемые механические нагрузки в корпусе; т.е., разрывается только разрывная мембрана. Газ выходит наружу, но трансформатор остается неповрежденным, и взрыва не происходит.

Наиболее важные свойства изоляции

Элегаз (${\rm SF_6}$) — это главная изоляционная среда между высоким напряжением и землей. Стабильное качество изоляции обеспечивают применение элегаза, изготовленного по МЭК 60137(2005)/ ASTM 2472 D и тот факт, что элега является инертным, т.е. сохраняет свои свой став даже при сильных электрических и термических воздействиях.

Полная функциональная безопасность и контроль

Гарантированная скорость утечки элегаза (SF₆) составляет менее 0,5% в год. Давление газа можно проверить на месте при помощи устройства дистанционного контроля, т.е., денсиметра с контактами для обеспечения дистанционного контроля. В случае утечки элегаза трансформатор все еще может работать при номинальном давлении.

Экологичность в тяжелых условиях эксплуатации Элегаз (SF.) абсолютно безопасен для человека. Он безопасен для экологии в плане токсичности, а его продукты распада не оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду, например, не загрязняют подземные воды. Эта изоляционная элегазовая среда обеспечивает простоту утилизации измерительных трансформаторов. Более того, гидрофобные свойства композитного изолятора обеспечивают отсутствие сложностей при эксплуатации даже в условиях соляного тумана и сильного загрязнения. В качестве долговременного преимущества, при наличии новых требований, как, например, дополнительный учет электроэнергии, замена сердечников или обмотки даже через определенное количество лет выполняется без каких-либо проблем.

Трансформаторы тока

Все трансформаторы тока (TT) производства Trench являются опорными. Производятся трансформаторы тока с масляной (рис. 4.6-2, 4.6-3) или элегазовой изоляцией (рис. 4.6-4).

Особенности TT с масляной изоляцией

- Небольшой вес и минимальный объем масла
- Отличные сейсмические характеристики достигаются в результате оптимизации конструкции фланцев, широкого выбора вариантов фарфора, а так же их соединения небольшого веса
- Имеются ТТ с номинальными напряжениями от 72.5 до 550 кВ и токов от нескольких ампер до 5000 А с многовитковыми первичными обмотками для малых первичных токов. Изменение коэффициента трансформации возможно как на первичной, так и на вторичной обмотке.
- Короткий симметрично расположенный проводник первичной обмотки с низкой индуктивностью в виде шины выдерживает токи КЗ до 80 кА и обеспечивает малое падение напряжения в первичной обмотке
- Отличный контроль внутреннего и внешнего напряжения благодаря емкостному вводу
- Герметизация при помощи стального расширителя и высококачественных уплотнительных колец
- Равномерно распределенные вторичные обмотки обеспечивают точную трансформацию, как при номинальном, так и при высоком токе
- Неподверженность влиянию внешних магнитных полей
- Сохранение точности на всем сроке службы
- Прекрасные характеристики в переходных режимах
- Использование корозионно-стойких материалов
- Любой ТТ с масляной изоляцией может быть оснащен композитным изолятором.



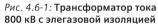




Рис. 4.6-2: Трансформатор тока 550 кВ с масляной изоляцией

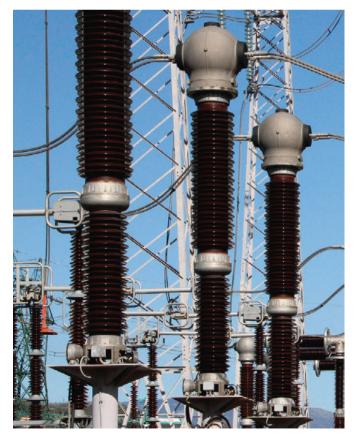


Рис. 4.6-3: Трансформатор тока 420 кВ с элегазовой изоляцией

Особенности TT с элегазовой изоляцией

- Взрывобезопасное исполнение благодаря применению элегаза и разрывной мембраны
- Отличная сейсмическая устойчивость благодаря свойствам композитных изоляторов
- Имеются ТТ с номинальными напряжениями от 72.5 до 800 кВ и токов от 100 до 4800 А
- Стойкая к КЗ первичная обмотка в виде короткой шины с малым реактивным сопротивлением
- Оптимальное распределение поля достигается благодаря вводам, специально разработанным для этих ТТ
- Многовитковые первичные обмотки для низких первичных токов и равномерно распределенные вторичные обмотки обеспечивают точную трансформацию, как при номинальном, так и при высоком токе
- Сохранение точности на всем сроке службы
- Прекрасные характеристики в переходных режимах
- Использование корозионно-стойких материалов
- Замена магнитопровода возможна без нарушения целостности изоляции.

Индуктивные трансформаторы напряжения

Индуктивные трансформаторы напряжения (ТН) имеют номинальное напряжение от 72.5 до 800 кВ и применяются для измерения и защиты. Индуктивные ТН выпускаются с масляной (рис. 4.6-5) или элегазовой (рис 4.6-6) изоляцией.

Особенности ТН с масляной изоляцией

- Небольшой вес и минимальный объем масла
- Отличные сейсмические характеристики получены благодаря оптимизации конструкции фланцев, широкому выбору вариантов прочности фарфора, их соединениям и небольшому весу
- Имеются ТН с номинальными напряжениями от 72.5 до 550 кВ
- Отличный контроль напряжения благодаря емкостным вводам.
- Оптимизированная обмотка высокого напряжения обеспечивает равномерные электрические нагрузки, как в установившемся, так и в переходном режиме
- Неподверженность воздействию внешних магнитных полей
- Герметичный расширитель из нержавеющей стали для устройств с номинальным напряжением 123 кВ и выше
- Постоянная точность на всем сроке службы
- Прекрасные характеристики в переходных режимах
- Возможность заземления линий через ТН
- Возможность применения в качестве силового трансформатора малой мощности
- Использование корозионно-стойких материалов
- Все ТН могут быть снабжены композитным изолятором.

Особенности ТН с элегазовой изоляцией

- Взрывобезопасное исполнение благодаря применению элегаза и разрывной мембраны
- Великолепные сейсмические характеристики благодаря свойствам композитного изолятора
- Доступно для всего диапазона напряжений от 72.5 кВ до 800 кВ
- Оптимальное распределение поля достигается при помощи емкостного ввода, разработанного специально для этих ТН.



Рис. 4.6-4: Индуктивный трансформатор напряжения 420 кВ с бумажномасляной изоляцией



Рис. 4.6-5: **ТН 765 кВ с элегазо- вой изоляцией**



Рис. 4.6-6: **Ёмкостный ТН 245 кВ**



Рис. 4.6-7: Резистивно-емкостные делители (переменный ток) для РУ в воздушной изоляцией на 420 кВ

- ЛинейкаТН не подвереженных феррорезонансу без внешних компенсирующих устройств. Дополнительная информация - по запросу
- Неподверженность воздействию внешних магнитных полей
- Неизменная точность на протяжении длительного времени
- Возможность заземления линий через ТН
- Оптимизированная первичная обмотка обеспечивает одинаковые нагрузки в установившемся и переходном режиме
- Использование корозионно-стойких материалов
- Возможность применения в качестве силового трансформатора малой мощности.

Емкостные ТН (с масляной изоляцией)

Конденсаторы связи применяются для передачи высокочастотных сигналов по ВЛ. Конденсатор связи оснащенный электромагнитным устройством называется емкостным трансформатором напряжения и применяется для измерений и защит (рис. 4.6-7).

Особенности

- Возможность передачи высокочастотных сигналов
- Оптимизированная изоляция, использующая последние достижения в технике с минеральным маслом или синтетическими жидкостями
- Постоянство емкости и точность на протяжении длительного времени благодаря системе прижима элементарных конденса-
- Обеспечение целостности изолятора на протяжении длительного времени благодаря расширителю из нержавеющей стали
- Предусмотрена система сброса давления в случае пробоя внутренней изоляции
- Фарфор высокой прочности позволяет устанавливать крупные ВЧ-заградители прямо на ТН, соответственно экономя затраты на установку оборудования
- Корпус из алюминия, заполненный маслом, не требует обслуживания
- Отличные характеристики в переходных режимах
- Требования к контролю качества и уровню частичных разрядов, а также прочности изоляции превышают требования международных стандартов
- Не подверженны феррорезонансу с сетью и уравнительными конденсаторами силовых выключателей
- ТН с большой емкостью, установленные в непосредственной близости от силовых выключателей сверхвысокого напряжения могут улучшить их коммутационную способность и характеристики ПВН.

Электронная система измерения напряжения для систем постоянного тока высокого напряжения (HVDC)

Компания Trench предлагает специальные трансформаторы напряжения для электропередач постоянного тока высокого напряжения. Эти устройства в основном используются с целью контроля вентилей ВН выпрямителей и инверторов. Система измерения состоит из резистивно-емкостного делителя напряжения, передающего входные сигналы для специального электронного усилителя. Делитель может поставляться как для наружной установки, так и для установки в КРУЭ.

Полученная система может точно преобразовывать напряжение в пределах определенного диапазона нагрузок с частотными характеристиками приблизительно до 10 кГц. Таким образом, система является идеальным вариантом для измерения динамических и переходных процессов, а также гармоник, связанных с электропередачами постоянного тока высокого напряжения.



Рис. 4.6-8: Комбинированный измерительный трансформатор 245 кВ с масляной изоляцией

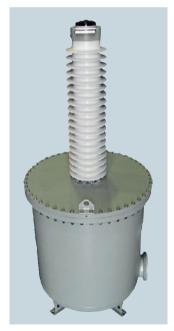


Рис. 4.6-9: Газонаполненные силовые трансформаторы напряжения для распределительных устройств с воздушной изоляцией (AIS) на 145 кВ и 100 кВ



Рис. 4.6-10: Комбинированный измерительный трансформатор 420 кВ с элегазовой изоляцией

Комбинированный измерительный трансформатор

Комбинированный измерительный трансформатор предлагает проектировщику возможность совмещения трансформатора тока и трансформатора напряжения в одном отдельно стоящем устройстве. Это обеспечивает оптимальное использование пространства подстанции при экономии затрат путем исключения одного набора монтажных чертежей и опорных конструкций. Кроме того, при этом значительно сокращается время на установку. Комбинированные измерительные трансформаторы могуть иметь масляную (рис. 4.6-8) или элегазовую (рис. 4.6-10, 4.6.12) изоляцию).

Особенности комбинированных измерительных трансформаторов с масляной изоляцией

- Небольшой вес и минимальный объем масла
- Короткий, симметрично расположенный проводник первичиной обмотки с низким реактивным сопротивлением в виде шины сопосбен выдерживать большие токи КЗ и обеспечивает малое падение напряжения на первичной обмотке.
- Контроль внешней и внутренней изоляции благодаря емкостному вводу
- Имеются комбинированные измерительные трансформаторы с номинальным напряжением от 72.5 до 300 кВ и для токов от 0.5 до 5000 А
- Отличные сейсмические характеристики получены благодаря оптимизации конструкции фланцев, широкому выбору вариантов прочности фарфора, их соединений и легкому весу
- Герметизация посредством расширителя из нержавеющей стали и уплотнительных колец высокого качества
- Благодаря совмещению функций с одном устройстве требуется
- только одна опорная конструкция для установки
- Равномерно распределенные вторичные обмотки обеспечивают точную трансформацию, как для номинальных, так и для высоких значений тока
- Неподвержен воздействию внешних магнитных полей
- Неизменная точность на длительном промежутке времени
- Отличные характеристики при переходных процессах
- Возможно зазаемление линии через ТН
- Применение коррозионностойких материалов
- Любой комбинированный измерительный трансформатор может быть оснащен композитным изолятором.

Особенности комбинированных измерительных трансформаторов с элегазовой изоляцией

- Опорная конструкция измерительного трансформатора
- Малый вес и компактная конструкция
- Взрывобезопасная конструкция благодаря применению элегаза и разрывной мембраны
- Великолепные сейсмические характеристики благодаря свойствам композитного изолятора
- Односекционная катушка высокого напряжения (не каскадная) позволяет изготовить комбинированный трансформатор с номинальным напряжением до 800 кВ
- Равномерное распределение поля благодаря специально разработанному для данной конструкции вводу
- Линейка трансформаторов, не подверженных феррорезоннансу, без внешних компенсирующих устройств
- Первичная обмотка с малым реактивным сопротивлением позволяет выдерживать большие токи КЗ.
- Меньшая занимаемая площадь по сравнению с отдельно стояшими ТТ и ТН
- Неподверженность воздействию внешних магнитных полей
- Применение коррозионностойких материалов.

Измерительные трансформаторы для КРУЭ

В дополнение к измерению напряжения и тока, этот тип измерительного трансформатора для измерения напряжения (индуктивный) обладает лучшей способностью к заземлению ВЛ (рис. 4.6-11, 4.6-14, 4.6-15, 4.6-16).



Рис. 4.6-11: Трансформаторы тока 330 кВ с масляной изоляцией



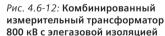




Рис. 4.6-13: Индуктивный трансформатор напряжения для КРУЭ

Особенности ТН индуктивного типа

- Измерительные трансформаторы, разработанные согласно требованиям клиента для каждого конкретного варианта применения, а также расширенная функциональность конструкции с соблюдением пространственных ограничений, размеров фланцев и требований к изоляции
- Стандартные конструкции для 1-фазных и 3-фазных устройств
- Соответствует национальным и международным стандартам в отношении нормативов для герметичных конструкций
- Предотвращение возникновения устойчивого феррорезонанса при помощи встроенного подавления феррорезонанса
- Защита от переходных перенапряжений в соответствии со стандартами МЭК. Возможность специального дополнительного экранирования
- Гарантированная утечка элегаза менее 0,5% в год.
- Разрывная мембрана и газоотводный патрубок
- Все компоненты предназначены и испытаны для механических нагрузок не менее 20 д
- Класы точности в соответствии со стандартами DIN VDE 0414, МЭК 60044, ANSI: IEEE C57.13, AS 1243 (и другими стандартами и классами по запросу)
- Шок-индикаторы для определения недопустимых нагрузок при транспортировке.

Резистивно-емкостные (RC) делители напряжения

Резистивно-емкостные делители напряжения, которые еще называют резистивно-ёмкостными трансформаторами напряжения, предназначены для измерения напряжения в электропередачах постоянного тока высокого напряжения, ОРУ (рис. 4.6-13) и КРУЭ (рис. 4.6-12). В системах переменного тока RC-делители напряжения используются для измерения гармоник и дают точные результаты в диапазоне частот от 0 до 500 кГц.

Особенности RC-делителей напряжения

- Резистивно-емкостный (RC) делитель для измерения напряжения
- Позволяет применять микропроцессорную технику на вторич-
- Отсутствие феррорезонанса
- Возможность проведения высоковольтных испытаний на месте
- 1-фазная или 3-фазная система
- Существенное снижение размера и веса.





ния для КРУЭ 145 кВ



Рис. 4.6-16: Трансформатор тока вне газового объема для КРУЭ 420 кВ

LoPo – преобразователи низкой мощности

Преобразователи тока малой мощности (LPCT) и преобразователи напряжения малой мощности (LPVT) могут использоваться в широком спектре устройств среднего и высокого напряжения, заменяя собой традиционнные трансформаторы тока и напряжения, используемые для защит и измерений.

Особенности

- Преобразователи напряжения основаны на резистивных, ёмкостных, а также резистивно-ёмкостных делителях
- Работа преобразователей тока основана ферромагнитной конструкции или на конструкции без магнитопровода, обеспечивая вторичное напряжение, представляющее первичный ток
- Стандартные кабели и разъемы; витая пара и кабели с двойным экраном
- Возможность подключения для большого количества защитных функций и измерительных устройств
- Цельнометаллический корпус, обеспечивающий безопасность оператора
- Совместим с любыми методами текузих испытаний КРУЭ и кабелей
- Преобразователи тока обеспечивают линейную зависимость параметров до величин токов КЗ
- Высокая ЭМ-совместимость: не подвержены воздействию радио- и ЭМ-помех.

Преимущества

- Система совместима с микропроцессорными системами защит и измерений
- Простота сборки при малом весе и компактных размерах
- Нет проблем с вторичными цепями: преобразователи напряжения защищены от воздейсвтия токов КЗ, а преобразователи тока могут иметь разомкнутую вторичную обмотку
- В преобразователях напряжения отсутствует феррорезонанс
- Экологическая безопасность (без масла).

Нетрадиционные измерительные трансформаторы

Традиционные измерительные трансформаторы обеспечивают высокую выходную мощность при проверенной технологии изоляции, при этом используется в основном технология индуктивности. Нетрадиционные измерительные трансформаторы (NCIT) — это устройства измерения силы тока и/или напряжения, обеспечивающие низкую выходную мощность (<0.5 вA). Предоставляемые компанией Trench технологии NCIT— это трансформаторы тока низкой мощности с выходом напряжения и резистивно-емкостными делителями; оба эти устройства описаны в предыдущих главах. Они работают в широком линейном диапазоне, а их выходные сигналы подходят для сопоставления современного вторичного оборудования, такого как устройства объединения (MU).

Устройства объединения преобразовывают выходные сигналы как традиционных, так и нетрадиционных измерительных трансформаторов в цифровые сигналы в соответствии с протоколом МЭК 61850-9-2. На выходе получается стандарный поток данных, не зависящий от свойств датчика. Измерения распределяются при помощи одного оптического Ethernet-соединения. Единственная нагрузка измерительных трансформаторов — это сопротивление на входе устройства объединения. Устройства объединения Trench находятся на стадии подготовки.

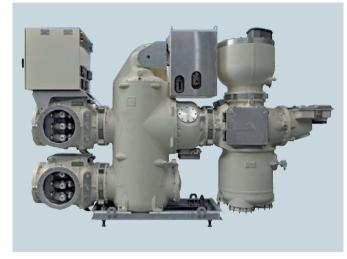


Рис. 4.6-17: KPУЭ 8DN8 компании Siemens на 145 кВ с трансформатором напряжения и трансформатором тока от компании Trench



Рис. 4.6-18: KPУЭ 8DN9 компании Siemens на 300 кВ с трансформатором напряжения Trench и трансформатором тока от Trench с сердечником в воздушной среде

4.6.2 Силовые трансформаторы напряжения

Силовые трансформаторы напряжения для распределительных устройств с воздушной изоляцией (AIS)

Силовые трансформаторы напряжения не требуют крупных вложений для обеспечения подачи электроэнергии удаленным клиентам. Для обеспечения подачи электроэнергии для конкретных целей силовые трансформаторы напряжения просто необходимо подсоединить непосредственно к высоковольтной воздушной линии. Силовые трансформаторы напряжения для открытых распределительных устройств (ОРУ) представлены на рис. 4.6-9.

Свойства силовых трансформаторов напряжения для открытых распределительных устройств (ОРУ)

- Функционирование во всем диапазоне напряжений 72,5 кВ до 800 кВ
- Силовой усовершенствованный трансформатор напряжения с элегазовой (SF₆) или масляной изоляцией обладает проверенной надежностью
- Композитный изолятор (стекловолоконная изоляция с силиконовыми юбками)
- Не требует технического обслуживания
- Однофазный блок.

Применение

- Подача электропитания к удаленным фермам и небольшим селам
- Подача электропитания к базовым станциям для мобильных телефонов
- Дополнительная подача электропитания для подстанций
- Подача питания в ходе строительных работ на подстанции.

Силовые трансформаторы напряжения для КРУЭ

Индуктивный трансформатор напряжения с другими активными элементами становится силовым трансформатором напряжения, позволяющим проводить высоковольтные испытания первичной системы без специального высоковольтного оборудования для испытаний. Силовые трансформаторы напряжения для КРУЭ представлены на рис. 4.6-15.

Свойства силовых трансформаторов напряжения для КРУЭ

- Имеют размеры, аналогичные стандартным трансформаторам напряжения, а также могут использоваться в качестве стандартных трансформаторов напряжения
- Отсутствие необходимости в дополнительном пространстве для установки огромных устройств для проведения высоковольтных испытаний
- Отсутствие необходимости в использовании элегаза на площадке для подготовки испытаний
- Сниженные требования к транспортировке и упаковке
- После испытания распределительное устройство можно ввести в эксплуатацию, при этом необходимость выполнения механических работ на первичной цепи отсутствует (т.е, как правило, установку для проведения высоковольтного испытания перед этим необходимо изъять)
- Легкость выполнения поддержки нейтральными компаниями, занимающимися проведением испытаний (к примеру, OMICRON), или испытательными учреждениями
- При использовании силовых трансформаторов напряжения проведение высоковольтных испытаний становится похожим на испытание защитного реле
- Легкие блоки позволяют работать на площадке без необходимости поднимать объекты или использовать подъемные приспособления
- Подача электропитания через стандартный выход розетки (например, 1-фазная, 230 В, 16 А)
- Испытательное оборудование помещено в транспортируемые ящики, что позволяет перевозить грузы в виде ручной клади во время переездов на площадку или при использовании обычной службы доставки
- Подготовка испытаний занимает несколько минут, т.е., после расширения ПС, повторной сборки или выполнения расширенных сервисных работ
- Отсутствие необходимости в крупных инвестициях в оборудование для испытаний, которое находится на площадке
- Возможность проведения исследований внезапных явлений на уровнях напряжения при диагностике частичных разрядов

Обзор всего ассортимента измерительных трансформаторов Trench приведен таблицах с номерами от 4.6-1 до 4.6-7.

Трансформаторы напряжения д	для подста	анций с газ	овой изоляц	ией (GIS)							
Тип				SAD/SA			Преобразов	затели тока н	изкой мощн	ности (LPCT)	
Диапазон напряжения	[кВ]			72.5 - 550				72.5 -	550		
Промежуточный изоляционный м	атериал	SF ₆						-			
					Техниче	ские даннь	ie SAD/SA				
Уровень напряжения	[кВ]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	
Ток на выходе	[A]				1 -	5 (LoPo: 3,2	!5 B)				
Номинальный кратковремен- ный тепловой ток	[ĸA]		31.5		50	0	63				
Номинальное время короткого замыкания	[c]					1 - 3					
Номинальный рабочий ток	[ĸA]		78.75		12	!5		16	0		
Номинальная частота	[Гц]				1	6 2/3 - 50 - (60				
Температурный диапазон	[°C]					-35 - +60					
Класс изоляции						E, F					
Класс точности измерения					0,1 - 0,2 -	0,25 - 0,5	- 0,5S - 1,0				
Класс точности защиты					5P - 10P - TP\	/ - TPX - TPZ	- TPS - PR - PX				
Значения в соответствии со стандартог	м МЭК; такж	е доступны д	ругие значения	, например, в с	соответствии с	Американски	ім национальныі	м институтом ст	андартов (AN	SI)	

Табл. 4.6-1: Технические данные трансформаторов тока Trench для подстанций с газовой изоляцией (GIS)

4.6 Измерительные трансформаторы

Трансформаторы напряжения / резистивно-емкостные (RC) делители для КРУЭ SUD/SU RCVD Тип [ĸB] 72.5 - 550 72.5 - 800 Диапазон напряжения Промежуточный изоляционный материал SF₆ Macлo/SF, Технические данные SUD/SU Уровень напряжения [ĸB] 72.5 123 145 170 245 300 362 420 550 800 Испытательное напряжение 460 680 975 [ĸB] 275 325 460 630 промышленной частоты (1 мин) [ĸB] Испытательное напряжение 325 550 650 750 1 050 1 050 1 175 1 425 1 550 2 100 грозового импульса Испытательное напряжение [ĸB] 850 950 1 050 1 175 1 550 коммутационного импульса 110 $\sqrt{3}$ - 200 $\sqrt{3}$ (другие значения по запросу) Номинальное вторичное напря-[B] (активно-ёмкостный делитель переменного и постоянного тока: 5 – 200В) жение Фактор номинального напря-1.2 – 1.5 – 1.9 (другие значения по запросу) жения [Гц] 16.7 - 50 - 60 Номинальная частота [°C] -35 - +40 (другие значения по запросу) Температурный диапазон Класс изоляции 0.1 - 0.2 - 0.5 - 1.0 - 3.0 Класс точности обмотки для измерений Нагрузка вторичной цепи на выходе для разных классов в зависимости от технических условий заказчика Класс точности обмотки для защиты 3P - 6P Нагрузка вторичной цепи на выходе для разных классов в зависимости от технических условий заказчика Максимальная нагрузка вторичных обмоток Χ X X X

Значения в соответствии со стандартом МЭК; также доступны другие значения, например, в соответствии с Американским национальным институтом стандартов (ANSI);

Табл. 4.6-2: **Технические данные трансформаторов напряжения Trench для КРУЭ**

1) действительно только для трансформаторов напряжения

Тип	SAS				TAG			IOSK				
Диапазон напряжения	[ĸB]	72.5 - 800				72.5 - 550			72.5 - 550			
Промежуточный изоляционный ма	SF ₆				SF ₆			Масло				
Композитный изолятор	X				X			X				
Керамический изолятор			Χ)	<					
		Технические данные SUD/SU										
Номинальное напряжение	[ĸB]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800	
Испытательное напряжение промышленной частоты (1 мин)	[KB]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975	
Испытательное напряжение грозового импульса	[KB]	325	550	650	750	1 050	1 050	1 175	1 425	1 550	2 100	
Испытательное напряжение коммутационного импульса	[KB]	-	-	-	-	-	850	950	1 050	1 175	1 550	
Номинальный первичный ток, до	[A]					5 0	000					
Номинальный вторичный ток	[A]					1 - 2	2 - 5					
Ток термической стойкости	[ĸA]				63 (80 по специ	альному за	казу)				
Номинальное время короткого замыкания	[c]		1 - 3									
Ток электродинамической стойкости	[ĸA]				160 (200 по спец	иальному з	аказу)				
Номинальная частота	[Гц]	16 % - 50 - 60										
Длина пути утечки	[мм/кВ]				2	5 - 31 (выш	е по запрос	y)				
Температурный диапазон	[°C]				-40 - +4	0 (другие зн	ачения по	запросу)				
Класс изоляции				Е (элега	зовые приб	боры) - А (пр	риборы с ма	эсляной изс	оляцией)			
Класс точности измерения		0.1 – 0.2 – 0.25 – 0.55 – 1.0										
Класс точности защиты		5P - 10P - TPY - TPX - TPZ - TPS - PR - PX										

Табл. 4.6-3: **Технические данные по трансформаторам тока Trench для ОРУ**

Трансформаторы напряжения <i>I</i>	POSICIAL			germenn gym									
Тип	SVS		TVG		VEOT/VEOS		TCVT		AC RCD	DC RCD			
Диапазон напряжения [кВ]	72.5 - 800	72.5 - 420		72.5 - 550		72.5 - 120	0	72.5 - 80	00	72.5 - 800			
Промежуточный изоляционный ма	оомежуточный изоляционный материал			SF ₆		Масло		Масло)	Масло		Macлo/SF ₆	
Сомпозитный изолятор		X		X		Χ	X			X		X	
Керамический изолятор		Χ		Χ		Χ		X		Χ			
						Технич	чески	е данные					
Уровень напряжения	[ĸB]	72.5	123	145	17	0 245	5	300	362	420	550	800	
Испытательное напряжение промышленной частоты (1 мин)	[KB]	140	230	275	32	5 460)	460	510	630	680	975	
Испытательное напряжение грозового импульса	[KB]	325	550	650	75	0 1 05	0	1 050	1 175	1 425	1 550	2 100	
Испытательное напряжение коммутационного импульса	[KB]			-		-		850	950	1 050	1 175	1 550	
Номинальное вторичное напря- жение	[B]	110/√3 - 200/√3 (другие значения по запросу) (активно-ёмкостный делитель переменного и постоянного тока: 5 – 200В)											
Фактор номинального напряжени	1.2 – 1.5 – 1.9 (другие значения по запросу)												
Номинальная частота	[Гц]	16.7 - 50 - 60 (активно-ёмкостный делитель переменного и постоянного тока: 0 - 1 МГц)											
Длина пути утечки	[мм/кВ]	25 - 31 (выше по запросу)											
Температурный диапазон	[°C]				-40	+40 (други	ие зна	чения по	вапросу)				
Класс изоляции				Е (элега	зовые	приборы) - А	4 (при	іборы с ма	сляной изс	оляцией)			
Класс точности обмотки для изме					0.1 - 0	2 - 0.5	5 - 1.0 - 3.0						
Нагрузка вторичной цепи на выхо (только переменный ток)	для разных классов, в соответствии со спецификацией клиента (очень низкие выходные нагрузки для резистивно-емкостного (RC) делителя > 100 кОм												
Класс точности обмотки для защи	ты						3P - 6	6P					
Нагрузка вторичной цепи на выхо (только переменный ток)	для разных классов в зависимости от технических условий заказчика												
Максимальная нагрузка вторич- ных обмоток	[BA]	3 000 1)											

Табл. 4.6-4: Технические данные по трансформаторам напряжения Trench для ОРУ

	•												
Тип			SVAS			A۱	/G		IVOKT				
Диапазон напряжения	[ĸB]		72.5 - 80	00		72.5	- 245		72	2.5 - 300			
Промежуточный изоляционный ма	атериал		SF ₆			SI	-		Масло				
Композитный изолятор		X				X			X				
Керамический изолятор						Χ			X				
					Техническ	ие данные							
/ровень напряжения	[ĸB]	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	800		
1 Спытательное напряжение промышленной частоты (1 мин)	[KB]	140	230	275	325	460	460	510	630	680	975		
1спытательное напряжение грозового импульса	[KB]	325	550	650	750	1 050	1 050	1 175	1 425	1 550	2 100		
Испытательное напряжение коммутационного импульса	[KB]	-	-	-	-	-	850	950	1 050	1 175	1 550		
Номинальная частота	[Гц]					16.7 - !	50 - 60						
lлина пути утечки	[мм/кВ]	25 - 31 (выше по запросу)											
Гемпературный диапазон	[°C]	-40 - +40 (другие значения по запросу)											
		Классификация трансформатора тока (TT)											
Номинальный первичный ток, до	[A]		5 000										
Номинальный вторичный ток, до	[A]					1 - 2	2 - 5						
Гок термической стойкости	[ĸA]				63 (80 по специа	альному за	казу)					
Номинальное время короткого замыкания	[c]	1 - 3											
Гок электродинамической стойкости	[ĸA]	160 (200 по специальному заказу)											
Класс изоляции		Е (элегазовые приборы) - А (приборы с масляной изоляцией)											
Класс точности обмотки для измерений		0.1 – 0.2 – 0.2S – 0.5 – 0.5S – 1.0											
Класс точности обмотки для защиты		5P - 10P - TPY - TPX - TPZ - TPS - PR - PX Классификация трансформатора напряжения (ТН)											
Номинальное вторичное напря- кение	[B]	классификация трансформатора напряжения (тп) 1101√3 - 2001√3 (другие значения по запросу)											
Фактор номинального напряжени	ия				1.2 – 1.5 –	1.9 (другие	значения г	10 запросу)					
Класс точности обмотки для измерений		0.1 - 0.2 - 0.5 - 1.0 - 3.0											
 Нагрузка вторичной цепи на выхо	оде		Д	іля разных	классов в з	ависимости	от техниче	ских услові	ий заказчик	a			
ласс точности обмотки для защи						3P -	- 6P						
Нагрузка вторичной цепи на выходе		для разных классов в зависимости от технических условий заказчика											
Максимальная нагрузка вторич- ных обмоток		3 000 (другие значения по запросу)											

Табл. 4.6-5: Технические данные по комбинированным измерительным трансформаторам Trench для ОРУ



Табл. 4.6-6: Технические данные по силовым трансформаторам напряжения Trench для ОРУ



Табл. 4.6-7: Технические данные по силовым трансформаторам напряжения Trench для КРУЭ

Для получения дополнительной информации:

Портфель измерительных трансформаторов: http://www.trenchgroup.com/Products-Solutions/Instrument-Transformers

4.7 Реакторы

Введение

Имея 60-летний успешный опыт работы, компания Trench является признанным мировым лидером в области проектирования и производства сухих токоограничивающих реакторов и силовых реакторов для применения в энергетике и промышленности. Уникальный подход разработки под заказ вместе с полностью объединенными инженерными и производственными объектами в Северной Америке, Бразилии, Европе и Китае позволили компании Trench стать мировым техническим лидером в области изготовления реакторов.

Активная деятельность в области энергетики вместе с существенными вложениями в инженерные работы, производство и испытания обеспечивают клиентам компании Trench высочайшее качество, надежность продукции, которая специально разрабатывается в каждом конкретном случае. Применение реакторов Trench начало свой рост от небольших устройств в распределительных сетях, токоограничивающих реакторов до сложных реакторов сверхвысокого напряжения мощностью более 300 МВА на фазу.

Реакторы изготавливаются в соответствии со стандартами ISO 9001, 14001 и 18001. Программа исследований и разработок Trench постоянно применяет новые технологии в изготовлении реакторов. Компания Trench приветствует решение новых задач в области применения реакторов.

Особенности конструкции

Особенностями конструкции сухого токоограничивающего реактора являются:

- Изоляция, пропитанная эпоксидной смолой
- Алюминиевая опорная конструкция, к которой приварены все токоведущие части
- Высочайшая механическая прочность и стойкость к токам КЗ
- Практически нулевое радиальное напряжение и равномерное распределение напряжения вдоль оси реактора между вводами.
- Низкий уровень шума на протяжении всего срока службы реактора
- Стойкая к погодным условиям конструкция с минимальными требованиями к техническому обслуживанию
- Расчетный срок службы более 30 лет
- Конструкции реакторов соответствует нормативам ANSI/IEEE, МЭК, а также другим основным стандартам.

Конструкция

Токоограничивающие реакторы Trench с сухой изоляцией состоят из ряда параллельно соединенных отдельно изолированных друг от друга алюминиевых (медных по запросу) проводников (рис. 4.7-1). Эти проводники могут быть небольшими проводами или специальными кабелями, разработанными и изготовленными для особых вариантов применения. Размер и тип проводников, используемых в реакторах, зависит от технических характеристик реактора. Различные варианты и размеры применяемых проводников обеспечивают оптимальные параметры при наиболее низких затратах.

Обмотки механически усилены стекловолокном, пропитанным эпоксидной смолой, которое после тщательно выверенного цикла вулканизации образует оболочку для катушки. Сеть горизонтальных и вертикальных волокон в сочетании с оболочкой уменьшает вибрацию реактора и позволяет достичь максимальной механической прочности. Конец каждой обмотки присоединен к алюминиевой шине, которая называется крестовиной. Применение такой конструкции позволяет получить механически

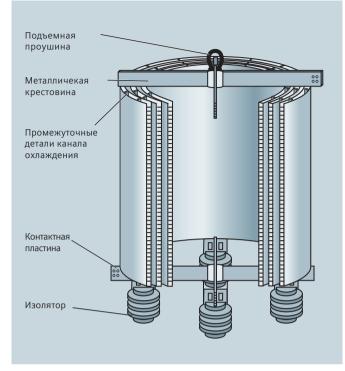


Рис. 4.7-1: Типовая конструкция токоограничивающего реактора с сухой изоляцией

очень жесткое устройство, которое способно выдержать нагрузки, вызванные даже большими токами короткого замыкания.

Реактор может выдерживать исключительно высокие нагрузки на вводы, нагрузки от тяжения проводов, ветровые и сейсмические нагрузки. Реактор может быть установлен в районе с любым климатом и с любыми условиями окружающей среды, и при этом обеспечить высокие эксплуатационные характеристики. Токоограничивающие реакторы Trench с сухой изоляцией устанавливаются в загрязненных и коррозийных зонах и при этом обеспечивают безотказную работу. В дополнение к реакторам с постоянным сопротивлением, могут быть поставлены реакторы с изменяемой индуктивностью. Существуют реакторы как с плавным, так и со ступенчатым регулированием.

Кроме того, компания Trench может предложить другие типы реакторов, например, со стальным сердечником и водяным охлаждением.

Последовательно включаемые реакторы

Реакторы присоединяются последовательно к линии электропередач или присоединению. Как правило, такие реакторы применяются для снижения токов КЗ, выравнивания нагрузок в параллельных присоединениях, ограничения токов включения конденсаторных батарей и т.д.

Токоограничивающие реакторы

Токоограничивающие реакторы уменьшают ток КЗ до уровней в пределах номинальных характеристик оборудования на нижней стороне реактора (рис. 4.7-2). Существует множество вариантов применения реакторов от простого реактора в цепи питающего фидера до крупных шинных реакторов и реакторов в сетях с номинальным напряжением до 765 кВ.

Компенсирующие реакторы

Компенсирующие реакторы предназначены для последовательной установки с конденсаторной батареей для ограничения бросков тока при переключении, ограничения токов близких КЗ и для контроля резонансной частоты системы при введении батареи конденсаторов. Реакторы могут быть установлены в сетях с номинальным напряжением до 765 кВ. При определении характеристик компенсирующих реакторов требуемый номинальный ток должен учитывать гармоническую составляющую тока, отклонение емкости и допустимые перенапряжения в сети.

Буферные реакторы для электродуговых печей

Наибольшая эффективность электродуговых печей достигается при малом токе электрода и большой длине дуги. Для этого требуется последовательное включение буферного реактора в цепь питания печного трансформатора для стабилизации дуги.

Сдвоенные реакторы

Сдвоенные реакторы - реакторы, состоящие из двух катушек, подключенных навстречу друг другу. Такой реактор имеет низкое реактивное сопростивление в нормальном режиме и большое сопротивление в случае КЗ.

Компенсационные реакторы

Компенсационные реакторы последовательно включатются в линии электропередачи с номинальным напряжением до 800 кВ. Реактор изменяет сопротивление линии и позволяет контролировать перетоки мощности, обеспечивая таким образом передачу максимальной мощности по линии.

Реакторы фильтро-компенсирующих устройств (ФКУ)

Такие реакторы применяются с батареями конденсаторов для создания фильтров различных гармоник или с батареями конденсаторов и резисторами для создания фильтров с полосой пропускания. При расчете такого реактора должны быть определены основная частота и частоты гармонических составляющих. Если для точной настройки ФКУ необходима регулировка индуктивности, должны быть указаны диапазон регулирования и допустимые отклонения. Во многих случая требуется добротность контура, которая намного меньше, чем добротность самого реактора. Такая добротность достигается подключением резистора.

Экономичной альтернативой является установка на реактор устройства для снижения его добротности. Это устройство может понизить добротность реактора более, чем на одну десятую, без необходимости устанавливать дополнительные резисторы. Это устройство легко устанавливается на реактор и взаимодействует с его магнитным полем. Его применние решает вопрос с дополнительным местом, дополнительными соединениями и надежностью дополнительных элементов, таких как резисторы.

Шунтирующие реакторы

Шунтирующие реакторы используются для компенсации реактивной мощности, возникающей в недогруженных воздушных и кабельных линиях. Как правило, они подключаются к к третичной обмотке трансформатора, но также могут быть напрямую включены в сеть с напряжением до 345 кВ.



Рис. 4.7-2: Трехфазный токоограничивающий реактор вертикальной установки



Рис. 4.7-3: Шунтирующие реакторы, подключенные к третичной обмотке трансформатора.

реакторы с тиристорным управлением широко применяются в статических системах компкнсации реактивной мощности, где реактивная мощность регулируется при помощи тиристоров (рис. 4.7-3). Статическая система компенсации реактивной мощности включает:

- Шунтирующий реактор с тиристорным управлением. Компенсация происходит путем управления током, текущим через реактор, с помощью тиристорных вентилей.
- Реакторы с тиристорным управлением (TSR)
- Компенсирующие реакторы с тиристорным управлением
- Реакторы ФКУ
- Плавно регулируемые шунтирующие реакторы со стальным сердечником и масляной изоляцией.

Реакторы для электропередач постоянного тока высокого напряжения

Электропередачи постоянного тока используются для передачи больших мощностей на большие расстояния или соединения между соседними энергосистемами. Реакторы для них как правило включают, сглаживающие реаторы, реакторы в составе ФКУ, а так же фильтры присоединений. Также электропередачи постоянного тока включают реакторы для преобразователей.

Сглаживающие реакторы

Сглаживающие реакторы (рис. 4.7-4) используются для снижения амплитуды пульсирующего тока в системах постоянного тока. Они используются в силовой электронике на регулируемых электроприводах и системах бесперебойного электропитания. Они также нужны в электропередачах постоянного тока с напряжением до 800 кВ. Компания Trench предоставляет несколько вариантов исполнения и конструкции данного устройства.

Реакторы для испытательных лабораторий

Реакторы для испытательных лабораторий устанавливаются в лабораториях больших мощностей и высоких напряжений. Обычным применением таких реакторов является ограничение тока, синтетические испытания выключателей, запасание индуктивной энергии и «искусственные» линии.

Реакторы заземления нейтрали

Реакторы заземления нейтрали ограничивают токи однофазных КЗ на землю до определенного уровня. В технические характеристики также следует включить длительный ток в небалансном режиме и длительность протекания тока КЗ.

Дугогасительные реакторы

Однофазные реакторы заземления нейтрали (дугогасительные реакторы) предназначены для компенсации ёмкостного тока между фазой и землей во время однофазного КЗ на землю. Дугогасительный реактор является центральным элементом системы защиты компании Trench от K3 на землю (рис. 4.7-5).

Поскольку электрическая система подвержена изменениям, индуктивность дугогасительного реактора, используемая для заземления нейтрали, должна быть изменяемой. В разработанной компанией Trench системе защиты от однофазного КЗ применяется реактор плунжерного типа (с подвижным сердечником). Основываясь на большом опыте в разработке, изготовлении и применении дугогасительных реакторов, компания Trench предлагает решения, которые соответствуют самым строгим требованиям.

Для получения дополнительной информации:

Портфель продуктов в бухтах: http://www.trenchgroup.com/Products-Solutions/Coil-Products Загрузка продуктов в бухтах: http://www.trenchgroup.com/Downloads/Coil-Products

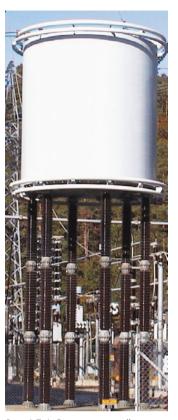


Рис. 4.7-4: Сглаживающий реактор для электропередачи постоянного тока высокого напряжения.



Рис. 4.7-5: Дугогасительный реактор 110 кВ

4.8 Вводы

Введение

Компания HSP Hochspannungsgeräte GmbH, также известная как HSP, и компания Trench имеют длинную историю и известную репутацию в области производства высоковольтных вводов и оборудования. Обе эти компании являются мировыми лидерами в сфере энергетики и проектирования специальной электрической продукции.

Будучи Группой по производству вводов «HSP & Trench Bushing Group», компании делятся знаниями по разработкам, проектированию и производству вводов переменного и постоянного тока напряжением до 1200 кВ. Клиенты получают значительные преимущества от их близкого сотрудничества в плане инноваций, совместных исследований, развития и типового проектирования.

Группа по производству вводов предоставляет ряд продуктов в этой сфере оборудования, в том числе, вводы для силовых трансформаторов и оборудования электропередач постоянного тока высокого напряжения. Ассортимент продукции включает в себя вводы с RIP-изоляцией до 1200 кВ, вводы с бумажно-масляной изоляцией до 1200 кВ и вводы с элегазовой изоляцией до 1200 кВ. Какими бы не были ваши требования к вводам, у группы по производству вводов есть ввод, который вам подойдет.

Эти технологии успешно работают уже более 60 лет. Группа осуществляет свою деятельность по всему миру, имея производства в Тройсдорфе (Германия), Сен-Луи (Франция), Торонто (Канада) и Шэньяне (Китай).

4.8.1 Высоковольтные вводы

Ввод - электротехническое устройство, изолирующее проводник, работающий под высоким напряжением от металлического корпуса или здания. Вводы необходимы для:

- Трансформаторов
- Зданий
- КРУЭ
- Генераторов
- Другого высоковольтного оборудования.

Типичными вводами являются:

- Масло-воздух
- Масло-газ
- Масло-масло
- Элегаз-воздух
- Воздух-воздух

Внутренняя изоляция ввода обеспечивается сочетанием разных изолирующих материалов:

- Бумажно-масляная изоляция (БМИ)
- Бумага, пропитанная эпоксидной смолой (ERIP)
- Элегаз

Внешняя изоляция может быть выполнена из следующих материалов:

- Эпоксидная смола для применения внутри помещений
- Фарфор или стекловолоконные трубки с юбками из кремний-органической резины для аппаратов открытой установки

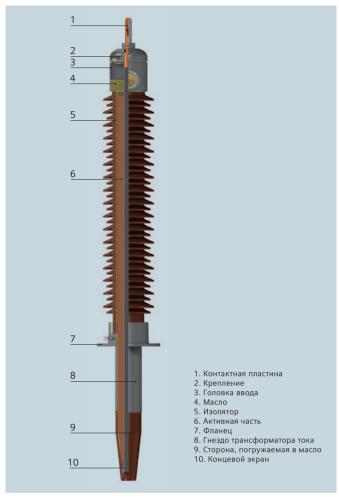


Рис. 4.8-1: Трансформаторный ввод с бумажно-масляной изоляцией - разрез

Далее описаны наиболее современный конструкции различных вводов.

Трансформаторные вводы с бумажно-масляной изоляцией Вводы трансформатора с использованием бумажно-масляной изоляции состоят из следующих частей (рис. 4.8-1):

1. Контактная пластина

Контактная пластина из алюминия или меди предназначена для присоединения ВЛ или шин. Современная конструкция обеспечивает отсутствие необходимости проводить обслуживание, а так же остутствие ослабления соединения в процессе эксплуатации.

2. Крепление

Весь ввод собирается воедино вокруг центральной трубы или проводника.

3. Головка ввода

Головка из алюминия с камерой-расширителем для масла и указателем уровня масла. Камера герметично закрыта от контакта с атмосферой.

Продукты и устройства

4. Заполнение маслом

Современные вводы заполнены сухим дегазированным изолирующим минеральным маслом.

5. Изолятор

Фарфоровый изолятор изготовлен из высококачественного электротехнического фарфора по IEC 815. Изолятор соединяется заделкой из портланд-цемента, герметичность обеспечивается с помощью уплотнительного кольца круглого сечения. Спрос на композитные изоляторы со временем увеличивается и легко удовлетворяется.

6. Активная часть

Активная часть изготавливатеся из широких полос промасленной бумаги с проводящими слоями из алюминиевой фольги, что позволяет контролировать осевую и радиальную составляющие электрического поля. В зависимости от номинального тока, бумага и фольга оборачиваются вокруг центральной трубы или проводника.

7. Фланец

Фланец, изготовленный из неподверженного коррозии алюминиевого сплава и обработанный с высокой точностью, обеспечивает превосходную герметизацию между фланцем и трансформатором. Фланец имеет испытательный вывод.

8. Гнездо трансформатора тока

При необходимости установки трансформатора тока на ввод, нижняя часть ввода может быть удлинена.

9. Сторона ввода, погружаемая в масло

Изолятор на этой стороне ввода изготовлен и эпоксидной смолы. Он разработан так, чтобы оставаться смонтированным при процессе осушки масла в баке трансформатора и способен выдержать температуру до 130° С.

10. Концевая защита

При напряжениях от 52 кВ и выше в конце трубки из эпоксидной смолы вставлен специальный алюминиевый электрод. Этот концевой экран контролирует электрическое поле в данной области.

Трансформаторные вводы с RIP-изоляцией

Ввод трансформатора из с RIP-изоляцией состоит из следующих компонентов (рис. 4.8-2).

1. Контактная пластина

Контактная пластина из алюминия или меди предназначена для присоединения ВЛ или шин. Современная конструкция обеспечивает отсутствие необходимости проводить обслуживание, а так же остутствие ослабления соединения в процессе эксплуатации.

2. Сухой наполнитель

Современные вводы заполнены сухой пеной.

3. Изолятор

Вгешняя изоляция состоит из композитного изолятора с юбками из силикона. Юбки вулканизированы на основании высококачественной изолирующей трубки, изготовленной из эпоксидной смолы, армированной стекловолокном. В большинстве случаев фланец является частью изолятора

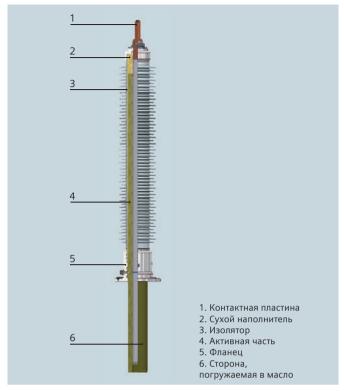


Рис. 4.8-2: Трансформаторный ввод с RIP-изоляцией - разрез

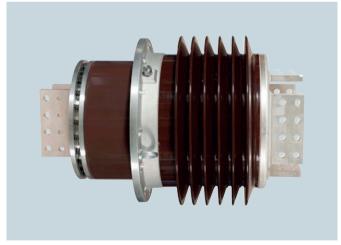


Рис. 4.8-3: Трансформаторный ввод большого тока

4. Активная часть

Активная часть изготавливается из пропитанной смолой бумаги, проводящие слои которой выполнены из алюминиевой фольги для контроля осевой и радиальной составляющей электрического поля. В зависимости от номинального тока бумага и фольга наматываются на центральную трубку или проводник.

5. Фланец

Фланец изготовленный из неподверженного коррозии алюминиевого сплава и обработанный с высокой точностью обеспечивает превосходную герметизацию между фланцем и трансформатором. Фланец имеет испытательный вывод.

6. Сторона ввода, погружаемая в масло (при необходимости - с TT) Изолятор на этой стороне ввода изготовлен и эпоксидной смолы. Он разработан так, чтобы оставаться смонтированным при процессе осушки масла в баке трансформатора и способен выдержать температуру до 130 °C.

Присоединения

Модульная система вводов предлагает огромный выбор систем подключения. В верхней части головки ввода имеется зажим, при помощи которого фиксируется проводник или кабельный болт. Разъемная, перекрестно закрепленная арматура на зажимном устройстве препятствует его падению в трансформатор в процессе эксплуатации. Кроме того, она также служит в качестве блокирующего элемента. Этот болт уплотняется при помощи двустороннего уплотнения. Зажим изготовлен из нержавеющей стали, а все болты – из стойкой к коррозии стали. Вентиляционное отверстие центральной трубки расположено с одной стороны, под краем зажима, и может быть использовано вне зависимости от проводящего болта. Кроме кабельного болта, также есть в наличии сплошные проводящие болты, например, для применения с более высоким током. Эти болты закреплены клином напротив внутренней стенки центральной трубки с изолированными распорками. Сплошные проводящие болты могут быть оснащены точкой отделения, преимущественно, на фланце или для соответствия какому-либо особому случаю. Сверху на болтах имеется резьбовое отверстие, так, чтобы в него можно было ввинтить натянутую проволоку или стержень, и чтобы болт можно было протянуть через центральную трубку.

Трансформаторные вводы: большой ток

Вводы большого тока для подключений трансформатора к фазе предназначены для напряжений от 24 кВ до 36 кВ, а также для тока от 7 800 А до 40 000 А. Проводники выполняются из обычного алюминия или из меди. Проводники изготавливаются из

алюминия или, по запросу, из меди. Основной изолятор изготовлен из эпоксисдной смолы (рис. 4.8-3).

Другие вводы трансформаторов: элегаз-масло и масло-масло Вводы типа «элегаз-масло» предназначены для непосредственного подключении трансформаторов к КРУЭ; вводы типа «масло-масло» предназначены для соединений внутри самого трансформатора (рис. 4.8-4). В обоих типах основной изоляцией является RIP-изоляция. Сердечни конденсатора изготовлен из специальной бумаги, пропитанной эпоксидной смолой, в которой находятся слои фольги, обеспечивающие равномерное распределение напряжения. Такая изоляция доказала свою надежность за 40 лет эксплуатации в различных условиях. Высококачественная изоляция обеспечивает компактную конструкцию. Более того, вводы с такой изоляцией обладают низким уровнем частичных разрядов не только при рабочем, но и при значительно более высоком напряжении.

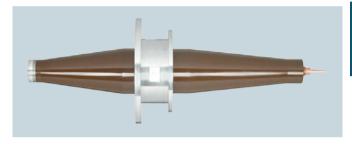


Рис. 4.8-4: Трансформаторный ввод «элегаз-масло»



Рис. 4.8-5: Трансформаторный ввод постоянного тока 800 кВ проект Юньнань-Гундун, Китай



Рис. 4.8-6: Трансформаторный ввод постоянного тока 500 кВ проект «Три ущелья», Китай

Вводы для электропередач постоянного тока: трансформатор и стена

Растущая потребность в электропередачах постоянного тока требует надежных трансформаторных вводов и проходных изоляторов с напряжением до 1000 кВ постоянного тока (рис. 4.8-6). Решениям с RIP-изоляцией часто отдается предпочтение из-за их отличной работы в условиях сильного загрязнения, а также из-за механической прочности, особенно в отношении сейсмических характеристик. Примером передовых решений является проект Юньнань-Гуандун/Китай (рис. 4.8-5, рис. 4.8-8), включающий трансформаторные вводы и проходные изоляторы 800 кВ.

Проходные изоляторы

Проходные изоляторы (рис. 4.8-7) предназначены для использования в высоковольтных подстанциях на крыше или стене в соответствии с их расположением:

- Проходные изоляторы «помещение-помещение»
- Проходные изоляторы для ввода в помещение с открытого
- Проходные изоляторы для открытой установки

Основной изолятор имеет активную часть. Между центральной трубой и фланцем находится специально рассчитанное количество проводящих слоев, слои расположены коаксиально. Это приводит к линеаризации распределения продольной составляющей напряжения на поверхности ввода и снижению электризации воздуха вокруг него.

Вводы КРУЭ

Эти вводы предназначены для использования с КРУЭ в основном для присоединения воздушных линий. Конструкция в таких вводах или электродная до 245 кВ, или конденсаторная выше 245 кВ (рис. 4.8-9). Все большим спросом пользуются композитные конструкции, особенно для более высоких диапазонов напряжения и загрязненных зон.

Вводы генераторов

Вводы генераторов (рис. 4.8-10) предназначены для проведения тока, индуцированного в обмотках статора, через заполненный водородом герметичный заземленный генератора. Вводы генераторов доступны от 12 кВ до 36 кВ с номинальным током до 50000 А. Охлаждение таких вводов естественное, газовое или жидкостное.



Рис. 4.8-7: Проходной изолятор «воздух-воздух»



Рис. 4.8-8: Проходной изолятор постоянного тока 800 кВ Юньнань-Гундун, Китай



Рис. 4.8-9: Ввод КРУЭ - ввод 420 кВ наружной установки с полимерной изоляцией.



Рис. 4.8-10: Генераторный ввод

Для получения дополнительной информации:

www.siemens.com www.bushing-group.com sales@hspkoeln.de и sales@trench-group.com

4.9 Плавкие предохранители среднего напряжения

Плавкие предохранители HV HRC (высокого напряжения с высокой отключающей способностью) используются для защиты от короткого замыкания в высоковольтных распредустройствах (диапазон частот от 50 до 60 Гц). Они защищают устройства и компоненты системы, такие как трансформаторы, двигатели, конденсаторы, трансформаторы напряжения и кабельные фидеры от динамических и температурных воздействий токов КЗ путем прерывания при их возникновении.

Плавкие предохранители состоят из основания и плавких вставок. Плавкие вставки используются для однократного разрыва сверхтоков. Их необходимо заменять. При сочетании «выключатель-плавкий предохранитель» тепловой ударник плавкого предохранителя 3GD предотвращает его термическое разрушение. Плавкие предохранители могут использоваться как в закрытых, так и в открытых распределительных устройствах. Они устанавливаются в основаниях как отдельные 1-фазные или

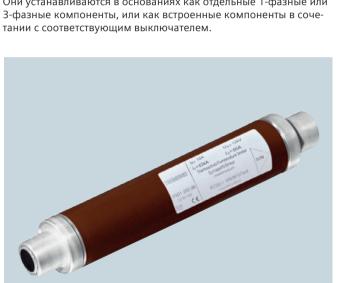


Рис. 4.9-1: Плавкая вставка



Рис. 4.9-2: 3-фазная плавкая вставка с контролем предохранителя

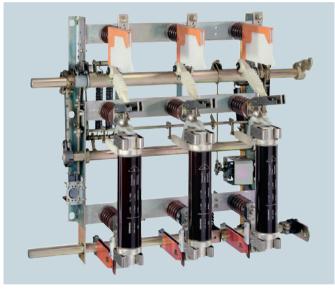


Рис. 4.9-3: Выключатель-разъединитель с плавкими вставками

Номиналь- ное напря- жение	Справочный размер	Номинальный ток (А)															
		6	10	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
7,2 кВ	192 мм	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ					
	442 мм												Χ	Χ	Χ	Χ	Χ
	442 мм для защиты двигателя								Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ
12 кВ	292 мм	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ					
	442 мм												Χ	Χ			
	442 мм для защиты двигателя											Χ	Χ	Χ	Χ		
24 кВ	442 мм	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ					
36 кВ	537 мм	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ					

Таблица. 4.9-1: Ассортимент плавких предохранителей

4.10 Полимерные длинностержневые изоляторы для воздушных ЛЭП

4.10.1 Длинностержневые полимерные изоляторы типа 3FL - высокие характеристики и надежность

Почему стоит использовать эти изоляторы

Новые полимерные длинностержневые изоляторы типа 3FL компании Siemens сочетают высокую электрическую прочность и механическую прочность на разрыв с компактной и легкой конструкцией. Благодаря отличной конструкции и уменьшенному весу длинностержневые изоляторы 3FL особенно хорошо подходят для применения на компактных ЛЭП, для которых требуются низкие опоры и малые длины пролетов. Их транспортировка и установка также более экономичны.

Конструкция

Корпус изолятора 3FL - это цельный корпус из силиконовой резины, изготовленный путем одноразового литья под давлением. HTV-силикон наплавляется непосредственно на центровой стержень путем наложения в точке соединения центрального стержня и металлической арматуры. Такая конструкция обеспечивает полное закрытие наиболее чувствительной части полимерного изолятора – зону соединения (металлической соединительной арматуры/стержень из стекловолокна/полимерный корпус), в которой сосредоточена самая высокая напряженность электрического поля. Такой способ изготовления устраняет необходимость в традиционных системах герметизации, исключая любую вероятность попадания влаги.

Центральный стержень

Центральный стержень – это не содержащий бор, устойчивый к коррозии и усиленный стекловолокном пластиковый стержень ECR2 (стержень FRP). Благодаря очень высокой стойкости к центрального стержня к кислотам и щелочам риск хрупкого разрушения изоляторов типа 3FL отсутствует.

Концевая соединительная арматура

Соединительная арматура кованой стали, обработанной методом горячего цинкования, или чугуна непосредственно присоединяется к центральном стержню круговой опрессовкой. Каждый раз этот процесс подвергается тщательному контролю. Имеется полный спектр соединительной арматуры, соответствующей последней редакции IEC и ANSI с нагрузками до 120 кН. Изолятор 3FL полностью заменим и совестим с существующими изоляторами и линейной арматурой всех типов.

Особая конструкция концевой соединительной арматуры в зоне сочленения сводит к минимуму напряженность электрического поля и уровень частичных разрядов внутри соединения, а также на поверхности полимерного корпуса благодаря применению встроенного кольца, выравнивающего картину поля. Благодаря этому материал изолятора обеспечивается надежной защитой от коррозии и последующего разрушения изолятора.

- 1 HTV: Вулканизация при высоких температурах
- 2. Стекло ECR: Стекло с электрическим сопротивлением и стойкостью к коррозии



Рис. 4.10-1: HTV-силикон прекрасно работает в условиях загрязне-

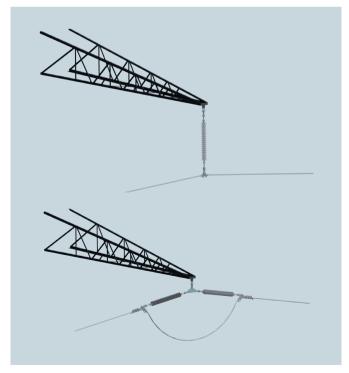


Рис. 4.10-2: Длинностержневые полимерные изодяторы типа 3FL могут применяться как в качестве подвесных, так и в качестве натяжных изоляторов.

Изоляторы типа 3FL - полимерный корпус для лучших характеристик в условиях загрязнения

Превосходные характеристики полимера при работе в условиях загрязения обеспечивают максимальную надежность изоляторов типа 3FL даже в очень тяжелых условиях эксплуатации. Высокая гидрофобность корпуса изолятора предотвращает образование на его поверхности проводящей пленки. Даже тяжелые условия окружающей среды, такие как соляной туман в прибрежных регионах или пыльный воздух в промышленных зонах, не могут нарушить водоотталкивающие характеристики кремний-органической резины. Возникновение поверхностных токов и разрядов исключено. Вода и грязь на поверхности изолятора не могут стать причиной перекрытия изолятора, что является существенным фактором надежности изолятора.

Качество Siemens

В соответствии с давно установившейся традицией компании Siemens и используя более чем столетний опыт производства высоковольтного оборудования, каждый этап производства изоляторов типа 3FL — начиная с множества проверок поступающего сырья до сборки отдельных компонентов и заводских испытаний готового продукта — тщательно отслеживается и контролируется.

Стандарты и испытания

Все длинностержневые изоляторы типа 3FL, покидающие фабрику Сименс, подвергаются заводским испытаниям в соответствии с последней редакцией IEC.

Каждый изолятор типа 3FL подвергается испытанию на растяжение с нагрузкой не менее половины разрывающей нагрузки, приложенной в течение не менее 10 секунд.

Принадлежности

Устройства защиты дуги, такие как разрядники и экраны для выравнивания картины поля, тщательно спроектированы на базе большого количества испытаний. По запросу предоставляются специальные решения, а также другая соединительная арматура. Для разъединителей с номинальным напряжением 170 кВ и выше экраны являются стандартной принадлежностью.

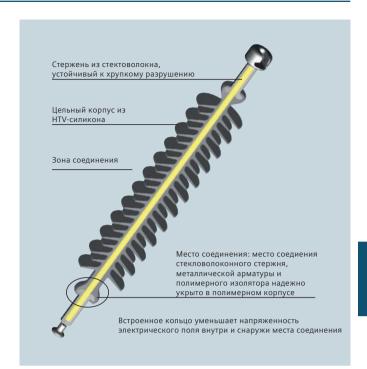


Рис. 4.10-3: Изолятор типа 3FL - превосходная конструкция, удовлетворяющая самым высоким требованиям

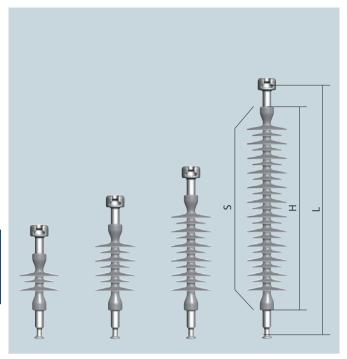




Рис. 4.10-4: Роговые разрядники Рис. 4.10-5: Экран-кольцо

Предельные значения		3FL2	3FL4
Наибольшее рабочее напряжение (U_{MAKC})	кВ	72.5	170
Ном. напряжение сети ($U_{\!\scriptscriptstyle HOM}$)	кВ	69	154
Заданная механическая нагрузка (SML)	кН	70	120
Длина пути утечки	мм/кВ	31	31

Табл. 4.10-1: Предельные значения



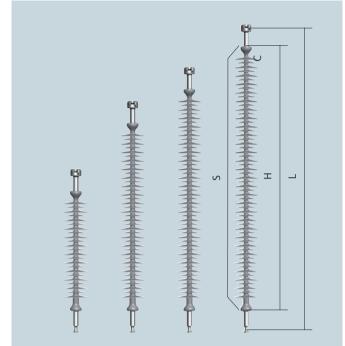


Рис. 4.10-6: **3FL2**

Рис. 4.10-8: **3FL4**



Рис. 4.10-7: Концевая соединительная арматура 3FL2



Рис. 4.10-9: Концевая соединительная арматура 3FL4

Длинностержневые изоляторы 3FL2 для ВЛ

Длинностержневые изоляторы 3FL2 разработаны с целью соответствия самым высоким требованиям распределительных сетей до 72 кВ. Они испытаны при напряжениях коммутационного и грозового импульса, а так же промышленной частоты и имеют большую длину пути утечки (более 3.1 см/кВ). Изоляторы предназначены для работы с механической нагрузкой до 70 кН.

Длинностержневые изоляторы типа 3FL3 и 3FL4

Изоляторы типа 3FL применимы в сетях от 60 до 550 кВ, увеличение длины - 52 см для каждого уровня напряжения. Данные некоторых изоляторов приведены в таблице ниже. Промежуточные, более длинные или более короткие изоляторы изготавливаются по запросу..

Техниче	ские данные 3F	L2										
Наи- боль- шее ра- бочее напря- жение	Номинальное напряжение	Испытательное напряжение грозового импульса	Испытательное напряжение промышленной частоты	Изоля- ционное расстоя- ние	Длина пути утечки	Длина корпуса	Строи- тельная высота	Номер по каталогу	Проектная механи- ческая нагрузка	Нагрузка стандарт- ных испы- таний	Диаметр экрана	Bec
Имакс кВ	Ином кВ	Грозовое выдерживаемое импульсное напряжение мин. кВ	Выдерживаемое напряжение промышленной частоты мин. кВ	S MM	С	Н мм	L MM		Проектная механи- ческая нагрузка кН	Нагрузка стандарт- ных испы- таний кН	D MM	W KF
12.0	10, 11, 12	95	28	214	420	178	332	3FL2-009-4xx00-1xx1	70	35	-	1.6
24.0	15, 20, 22, 24	145	50	304	799	268	422	3FL2-014-4xx00-1xx1	70	35	-	2.0
36.0	30, 33, 35, 36	170	70	394	1178	358	512	3FL2-017-4xx00-1xx1	70	35	-	2.4
72.5	60, 66, 69, 72	325	140	664	2315	628	782	3FL2-032-4xx00-1xx1	70	35	_	3.55

Номинальное грозовое выдерживаемое импульсное напряжение и выдерживаемое напряжение промышленной частоты в соответствии со стандартом МЭК 60071. Физиче-

Табл. 4.10-2: Технические данные 3FL2

Техниче	ехнические данные 3FL2											
Наи- боль- шее ра- бочее напря- жение	Номинальное напряжение	Испытательное напряжение грозового импульса	Испытательное напряжение промышленной частоты	Изоля- ционное расстоя- ние	Длина пути утечки	Длина корпуса	Строи- тельная высота	Номер по каталогу	Проектная механи- ческая нагрузка	Нагрузка стандарт- ных испы- таний	Диаметр экрана	Вес
Um кВ	Un κB	Грозовое выдерживаемое импульсное напряжение мин. кВ	Выдерживаемое напряжение промышленной частоты мин. кВ	S MM	С	Н мм	L MM		Проектная механи- ческая нагрузка кН	Нагрузка стандарт- ных испы- таний кН	D MM	W KF
72.5	60, 66, 69, 72	325	140	674	2325	638	846	3FL4-032-4xx00-1xx1	120	60	-	3.8
123.0	110,115, 120	550	230	1034	3841	998	1206	3FL4-055-4xx00-1xx1	120	60	-	5.3
145.0	132, 138	650	275	1214	4599	1178	1386	3FL4-065-4xx00-1xx1	120	60	260	6.1
170.0	150, 154	750	325	1439	5546	1403	1611	3FL4-075-4xx00-1xx1	120	60	260	7.1

Номинальное грозовое выдерживаемое импульсное напряжение и выдерживаемое напряжение промышленной частоты в соответствии со стандартом МЭК 60071. Физическое значение - выше.

Табл. 4.10-3: Технические данные 3FL4

ское значение - выше.
Опорное значение длины секции изолятора для версии с шарнирной соединительной арматурой размера 16 в соответствии с МЭК 60120. Чтобы получить длину секции изолятора, установленного с другой концевой соединительной арматурой, необходимо добавить длину корпуса к длинам разъемов (см. таблицу «Концевая соединительная арматура») соединительной арматуры с обеих сторон. Все электрические значения относятся к изолятору без роговых разрядников или коронирующих колец

Опорное значение длины секции изолятора для версии с шарнирной соединительной арматурой размера 16 в соответствии с МЭК 60120. Чтобы получить длину секции изолятора, установленного с другой концевой соединительной арматурой, необходимо добавить длину корпуса к длинам разъемов (см. таблицу «Концевая соединительная арматура») соединительной арматуры с обеих сторон. Все электрические значения относятся к изолятору без роговых разрядников или коронирующих колец

Продукты и устройства

4.10 Полимерные длинностержневые изоляторы для воздушных ЛЭП

Производственнь	е стандарты
MЭК 61109	Изоляторы для воздушных линий – композитные подвесные и натяжные изоляторы для систем переменного тока с номинальным напряжением, превышающим 1 000 В – определения, методы испытаний и критерии приемки
МЭК 62217	Полимерные изоляторы для внутреннего и внешнего применения с номинальным напряжением, превышающим 1 000 В — основные определения, методы испытаний и критерии приемки
МЭК 60815	Выбор и размеры изоляторов высокого напряжения, предназначенных для применения в загрязненных условиях
МЭК 61466-1	Элементы композитного гирляндного изолятора для воздушных линий с номинальным напряжением больше 1000 В - Часть1: Стандартные классы прочности и концевая соединительная арматура
МЭК 61466-2	Элементы композитного гирляндного изолятора для воздушных линий с номинальным напряжением больше 1000 В - Часть2: Размеры и электрические характеристики
МЭК 60120	Размеры шаровых шарнирных соединений блоков гирляндных изоляторов
МЭК 60471	Размеры шарнирно-подвесных соединений элементов гирлянды изоляторов

Табл. 4.10-4: Производственные стандарты

Для получения дополнительной информации: Портфель продуктов в бухтах: http://www.trenchgroup.com/Products-Solutions/Coil-Products Загрузить информацию о продуктах в бухтах: http://www.trenchgroup.com/Downloads/Coil-Products Портфель измерительных трансформаторов: http://www.trenchgroup.com/Products-Solutions/Instrument-Transformers





5.1	Введение	226
5.1.1	Обзор	226
5.2	Надежность и эффективность проекта	228
5.3	Оценка потерь трансформатора	230
5.4	Силовые трансформаторы	232
5.4.1	Трансформаторы большой мощности	232
5.4.3	Трансформаторы средней мощности	233
5.4.3	Трансформаторы малой мощности	233
5.5	Реакторы	234
5.6	Специальные трансформаторы для промышленности	235
5.7	Фазоповоротные трансформаторы	237
5.8	Трансформаторы для линий постоянного тока	238
5.9	Распределительные трансформаторы	239
5.9.1	Маслонаполненные распределительные трансформаторы для стандарта Европы/ Америки/Канады	239
5.9.2	Регуляторы напряжения	240
5.9.3	Трансформаторы с изоляцией из литого компаунда на основе эпоксидной смолы GEAFOL	241
5.9.4	Специальные трансформаторы GEAFOL	242
5.10	Тяговые трансформаторы	248
5.11	Управление жизненным циклом трансформатора	a 249

5.1 Введение

5.1.1 Обзор

В любой инфраструктуре, промышленности или в домашнем хозяйстве трансформаторы всегда играют ключевую роль в надежной передаче и распределении электроэнергии. Номинальная мощность, класс напряжения и область применения являются ключевыми факторами, которые определяют дизайн трансформатора.

Siemens предлагает трансформаторы для любых целей - от компактных распределительных трансформаторов до мощных трансформаторов с мощностью гораздо выше 1000 МВА. Продукты линейки SIEMENS охватывают все основные требования: такие как применение систем постоянного тока сверхвысокого напряжения, использование альтернативных изолирующих жидкостей. безвредных для окружающей среды, низкий уровень шума, использование комплектных устройств для передачи электроэнергии от источника к распределительным сетям. Длительный срок службы трансформатора начинается с высокого качества его изготовления. В этом случае управление жизненным циклом трансформатора показывает, что качество изготовления играет роль в течение всего срока службы трансформатора.

На рис. 5.1-1 и в таблице 5.1-1 приводится обзор использования различных трансформаторов в системе электроснабжения.

Мировой след

Развивающиеся страны - это не просто «увеличение числа рабочих мест» для производства товаров. В первую очередь они являются важными будущими рынками. Рациональное и эффективное расположение центров производства и продаж Siemens в рамках мировой сети и постоянный обмен опытом гарантируют предоставление услуг наивысшего качества по всему миру.

Siemens удовлетворяет растущий мировой спрос на трансформаторы путем дальнейшей оптимизации своей роли на мировом рынке, используя такие подходы, как вертикальная интеграция и реализация программ повышения производительности.



Подробная информация www.siemens.com/energy/transformers

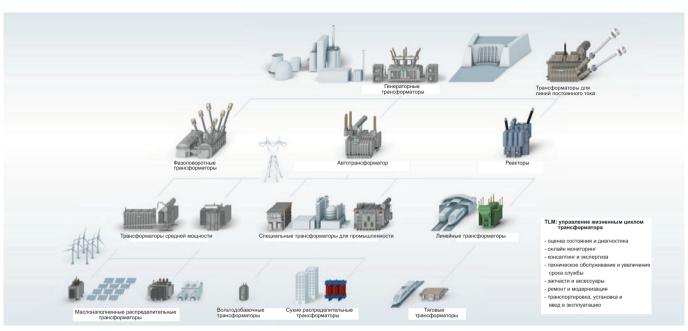


Рис. 5.1-1: Линейка трансформаторов Siemens

	Генераторные и силовые трансформаторы	От 2.5 МВА до 1000 МВА и более, до 1500 кВ (трансформаторы различной конструкции и назначения, с раздельными обмотками и автотрансформаторы), с устройствами регулирования под нагрузкой (РПН) или переключения без возбуждения (ПБВ), 3-фазного или 1-фазного исполнения.
	Фазоповоротные трансформаторы	Управление активной мощностью методом смещения фаз
ş munu	Реакторы	Маслонаполненные шунтирующие и токоограничивающие реакторы до самых высоких мощностей, реакторы для систем передачи электроэнергии постоянным током выского напряжения.
	Трансформаторы для линий передачи постоянного тока	Трансформаторы и сглаживающие реакторы для магистральных линий электропередач классом напряжения до 800 кВ постоянного тока. Трансформаторы для сопряжения различных сетей переменного тока
	Распределительные и силовые трансформаторы с литой изоляцией GEAFOL	От 100 кВА до более 40 MBA, классом напряжения до 36 кВ, 3-фазного или 1-фазного исполнения, подстанции GEAFOL-SL
	Маслонаполненные распределительные трансформаторы	От 50 до 2500 кВА, классом напряжения до 36 кВ, с медными или алюминиевыми обмотками, с герметичным баком или расширителем, 3-фазного или 1-фазного исполнения, трансформаторы для размещения на опорах и распределительные трансформаторы с сердечниками из аморфных сплавов.
	Специальные трансформаторы для промышленности	Трансформаторы для электродуговой печи Реакторы для электродуговой печи Трансформаторы постоянного тока для электродуговой печи Преобразовательные агрегаты для электродуговой печи Преобразовательные агрегаты для мощных приводов
4110	Тяговые трансформаторы	Трансформаторы, устанавливаемые на подвижном составе
-111/10	Управление жизненым циклом трансформатора	Оценка состояния и диагностика Онлайн-мониторинг Консалтинг и экспертиза Техническая поддержка и продление срока службы Запчасти и комплектующие Ремонт и модернизация Доставка, установка и ввод в эксплуатацию

Таблица 5.1-1: **Линейка трансформаторов Siemens**

5.2 Надежность и эффективность проекта

Стратегия качества в производстве трансформаторов основывается на трех краеугольных камнях: качество продукта, кадров и производственных процессов (рис. 5.2-1). Целью является достижение максимальной удовлетворенности заказчика с помощью экономически эффективного производства. Это возможно только в случае, если все сотрудники обладают не только высочайшей квалификацией, но и глубоким пониманием требований заказчика.

Ключевые направления реализации стратегии охватывают качество продукции и услуг, квалификацию персонала, качество процессов на всех уровнях производства. Постоянный контроль технологических и административных показателей производственной деятельности позволяет достичь максимальной эффективности.

Ключевые направления релизации стратегии качества:

- Потребительская интеграция
- Внедрение качества в процессах и проектах
- Постоянное взаимодействие и интеграция с поставщиками
- Бизнес-планирование, ориентированное на качество
- Отчетности по качеству
- Квалификация сотрудников по вопросам качества
- Постоянное совершенствование
- Вовлеченность высшего руководства
- Роль управления и поддержки менеджера по качеству

Элементы качества (обязательные элементы)

Потребительская интеграция

Интеграция клиентов зависит от постоянного использования:

- инструментов для анализа требований заказчика и исследования рынка
- анализа удовлетворенности клиентов
- профессионального управления и обратной связи с заказчиками
- Управление жалобами и претензиями

Требования заказчика должны быть точно определены в спецификации. Спецификация должна постоянно обновляться на фазе утверждения проекта трансформатора. Фактические требования также должны быть доступны для всех ответственных сотрудников.

Быстрая обратная связь - в обоих направлениях- необходима для того, чтобы повысить доверие и удовлетворенность клиентов.

Siemens своевременно разрешает вопросы по жалобам клиентов с помощью своей системы управления претензиями.

Внедрение качества в процессах и проектах

Качество процессов на всех этапах производства продукции оказывает значительное влияние на качество фактически произведенных изделий. Технологическая дисциплина и стабильность достигаются путем применения процессов высокого уровня стандартизации, основанных на простых процедурах, выполнение которых дает возможность реализовать четко определенные рабочие инструкции (рис. 5.2-2).



Рис. 5.2-1: Краеугольные камни стратегии качества

Контроль качества расположен в тех точках процесса, в которых необходимо принимать соответствующие качеству решения. Обязательные точки контроля при производстве трансформатора:

- Утверждение технических требований
- Детализация заказа
- Выпуск проекта
- Выпуск трансформатора
- Оценка проекта

Для контроля качества существует четкое определение участников, исходных данных, результатов («светофор») и эскалации процесса, если это необходимо. Если результат неприемлем, то процесс должен быть остановлен до тех пор, пока все требования не будут выполнены.

Управление поставщиками

Качество продукта зависит не только от качества внутренних процессов, но также и от поставщиков. Задержки и затраты, вызванные ненадлежащим качеством поставщика, могут быть уменьшены только путем систематического управления поставщиками, который включает в себя:

- Выбор
- Оценка
- Классификация
- Разработка
- Постепенный отказ от поставщиков, а также подержка процесса Квалификации Поставщиков

Дополнительным условием для высокого уровня качества поставщика является тесное сотрудничество с поставщиками. Совместная разработка требований к поставщикам и процессам приводит к непрерывному улучшению качества. В этом контексте ноу-хау поставщика может также использоваться для создания инновационных технологий. Этот аспект взаимоотношений с поставщиками становится все более и более важным, особенно при производстве трансформаторов.

Бизнес-планирование, ориентированное на качество Планирование качества означает анализ возможных сценариев развития событий и возможных проблем и принятие превентивных мер для их решения. Очень важно, что бы текушие и будущие критические факторы на производстве рассматривались бы на этапе планирования. Это означает, что качество основано на стратегии, планировании производства, конкретных целях, количественых и качественных показателях.

Отчетность по качеству

Отчет основывается на:

- Ключевых производственных показателях, таких как затраты на несоответствие продукта, внешние отказы, внутренние отказы, срок поставки.
- Качество в каждом конкретном случае.
- Анализ основных причин отклонений, в том числе определение корректирующих и превентивных мер.

Для клиентов надежность трансформаторов имеет особое значение. В стандарте ANSI C57.117 была сделана попытка описать повреждения. Основываясь на этом определении, можно получить статистику отказов при эксплуатации и показатели надежности. Пример для силовых трансформаторов приведен в табл. 5.2-1.

Квалификация сотрудников по вопросам качества Сотрудники являются решающим фактором, влияющим на качество. Таким образом, все вовлеченные сотрудники должны обладать навыками и умениями, соответствующими аспектами качества процессов, которые они выполняют. Любая квалификация, которя может оказаться необходимой, должна быть определена на основе тщательного анализа существующего дефицита.

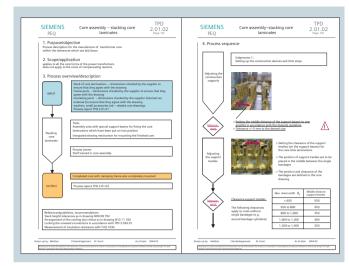


Рис. 5.2-2: Пример стандартизированной рабочей инструкции

Постоянное совершенствование

Так как "нет ничего такого, что нельзя было бы улучшить", то постоянное улучшение должно быть неотъемлемой частью всех процессов.

Цель - продолжать оптимизацию каждого шага процесса. Это также является целью развития персонала. Соответствующее обучение должно касаться практически всего персонала.

E T TR Cтати	E T TR Статистика отказов в процессе эксплуатации 2000-2009 для силовых трансформаторов															
Основано в	Основано на ANSI C 57.117															
	ETTR	Завод 1	Завод 2	Завод 3	Завод 4	Завод 5	Завод 6	Завод 7*	Завод 8	Завод 9	Завод 10	Завод 11	Завод 12	Завод 13*	Завод 14**	Завод 15
N	11,278	572	1,704	755	793	774	534	-	735	1,076	705	649	994	-	1007	980
SY	51,429	2,358	7,479	3,858	3	4,326	1,996	-	3,341	4,561	4,17	2,889	4,899	-	3,781	4,771
nF	91	9	7	10	11	1	11	-	3	6	2	7	8	-	3	13
FRe(%)	0.18	0.38	0.09	0.26	0.37	0.02	0.55	-	0.09	0.13	0.05	0.24	0.16	-	0.08	0.27
MTBF (yrs)	565	262	1068	386	273	4,326	181	-	1,114	760	2,085	413	612	-	1,26	367
* Завод 7&	13 новые	* Завод 7&13 новые заводы; ** Завод 14: 9 лет 2001 - 2009														

N = Количество трансформаторов в эксплуатации

SY = Количество лет эксплуатации.

nF = Количество трансформаторов, вышедших из строя

FRe (%) = Коэффициент отказов = nF x 100/SY

MTBF (лет) = Средняя наработка на отказ = 100/FRe

FRe < 0.5 % 0,5 % < FRe < 1,0 % 0,5 % < FRe < 1,0 % 1.5 % < FRe < 2.0 % FRe > 2.0 %

отлично хорошее удовлетворительно приемлемо неприемлемо

5.3 Оценка потерь трансформатора

Методы, такие как Kaizen, 5S и инструментальные средства от Sic Sigm, например, цикл DMAIC, FMEA, IPO помогают в непрерывном совершенствовании процессов. (рис. 5.2-3).

Вовлеченность высшего руководства

Каждый менеджер в компании также несет ответственность за качество. Таким образом, действия каждого менеджера должны характеризоваться высоким уровнем осведомленности в части качества.

Установка требований, предъявляемых к качеству и формирование целевого контроля в повседневной работе совместно создают культуру качества.

Роли управления и поддержки менеджера по качеству Роль менеджера по качеству имеет фундаментальное значение для хорошо отлаженных процессов. Менеджер по качеству сочетает в себе вспомогательную роль независимого контролера. Управление качеством должно быть непосредственно задействовано в процессах и проектах. Независимость департамента качества и отдельных менеджеров в процессах и проектах должна быть гарантирована и согласована с топ-менеджментом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Качество трансформатора основано на качестве всех необходимых процессов - от идентификации проекта до его закрытия. Качество процессов существенно зависит от персонала. Только хорошо подготовленные и заинтересованные сотрудники в состоянии гарантировать, что процесс будет осуществляться с высокой степенью качества.

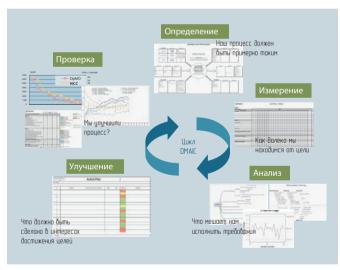


Рис. 5.2-3: **Цикл DMAIC**

5.3 Оценка потерь трансформатора

Резко возросшая стоимость электрической энергии сделала почти обязательно для покупателей электрооборудования тщательно оценивать потери, присущие этим элементам. Это особенно важно для распределительных и силовых трансформаторов, которые работают постоянно и чаще всего в загруженных режимах. К примеру, дополнительная стоимость затрат на покупку трансформатора с оптимизированными потерями, в большинстве случаев окупается посредством экономии потребления энергии менее, чем за три года.

В конструкции трансформаторов с низким уровнем потерь используются более качественные материалы, поэтому они изначально дороже, чем трансформаторы с низкой стоимостью. Требования по уменьшению потерь трансформатора, выставляемые при опросах, больше стимулируют производителя производить трансформаторы с уменьшенными потерями, нежели недорогие модели. Подробные методы оценки потерь для трансформаторов разработаны и приводятся в литературе. Эти методы учитывают оценку факторов конкретного проекта, устанавливаемые клиентом при опросе.

Упрощенный метод для быстрой оценки различных приведенных потерь трансформатора при применении следующих допущениях:

- Трансформаторы работают непрерывно
- Трансформаторы работают в условиях частичной нагрузки, но это частичная нагрузка постоянна.
- Дополнительные расходы и факторы инфляции не рассматриваются.
- Оплата за электроэнергию при 100% нагрузке.

Общая стоимость владения и эксплуатации трансформатора на один год, таким образом, выбрана следующим образом:

- Капитальные затраты (C_c), с учетом закупочной стоимости (C_p), процентная ставка (р) и периода амортизации (n)
- Стоимость потерь холостого хода (C_{p_0}) основана на потерях холостого хода (P_0) и стоимости электроэнергии (C_e)
- Стоимость нагрузочных потерь $(\mathsf{C}_{\mathsf{pk}})$ основана на нагрузочных потерях (Pk), коэффициент годовой загрузки трансформатора (а) и тарифе на электроэнергию $(\mathsf{C}_{\mathsf{p}})$
- Результирующая стоимость потребляемой энергии (Cd), зависящая от тарифа на электроэнергию и суммарной мощности питаемой нагрузки (рис. 5.3-1)

Следующие примеры показывают разницу между недорогим трансформатором и трансформатором с оптимизированными потерями (рис. 5.3-2).

Обратите внимание, что минимальная закупочная цена отличается от общей стоимости владения.

Стандарт ANSI C57.117, 1986, Руководство по составлению Отчета Неисправностей для силовых Трансформаторов и Шунтирующих Реакторов в Электрических Коммунальных Энергосистемах.

Капитальные затраты

Капитальные затраты (СС), с учетом закупочной стоимости (C_p), процентная ставка (p) и периода амортизации (n)

$C_c = C_p \cdot r/100$ [денежная ед./год]

С =закупочная цена

 $r = p \cdot qn/(qn - 1) = коэффициент амортизации$

q = p/100 + 1 = процентная ставка

р =процентная ставка, в % годовых

n = период амортизации, лет

Стоимость потерь холостого хода

основываясь на потери холостого хода Ро, и тарифе на электроэнергию С

$C_{po} = C_e \cdot 8760 \text{ y/20d} \cdot P_o$

С = тариф [денежная ед. / кВтч]

 P_0^e = потери холостого хода [кВт]

Стоимость нагрузочных потерь

основан на потерях короткого замыкания Р,, коэффициенте годовой загрузки трансформатора, и тарифе на электроэнергию С

$C_{pk} = Ce \cdot 8760 \text{ y/20d } \alpha^2 P_k$

а = коэффициент загрузки трансформатора

 P_{ν} = потери короткого замыкания [кВт]

Результирующая стоимость потребляемой электроэнер-

основываясь на потерях холостого хода Ро и тарифе на электроэнергию С

$$C_D = C_d (P_0 + P_k)$$

 $C_{\rm p} =$ стоимость потребляемой электроэнергии [денежная ед. / (кВт

Рис. 5.3-1: Расчет индивидуальных затраты на эксплуатацию трансформатора за год

Пример: Распределительный трансформатор Срок амортизации Процентная ставка Се = 0.25 Евро / кВтч Тариф на электроэнергию Плата за обслуживание Cd = 350 Евро / (кВт. год) Эквивалентный коэффициент годовой нагрузки a = 0.8А. Трансформатор с В. Трансформатор с низкой ценой низкими потерями $P_0 = 19 \text{ кВт потери холостого}$ $P_0 = 16$ кВт потери холостого хода $P_{1} = 167 \text{ кВт нагрузочные}$ $P_{1} = 124 \text{ кВт нагрузочные}$ потери потери С₂ = 521 000 Евро - закупочная С = 585 000 Евро - закупочная стоимость стоимость $C_a = \frac{521\,000 \cdot 13.39100}{1000}$ $C_c = \frac{585\,000 \cdot 13.39}{1}$ 100 = 69762 Евро/год = 78332 Евро/год $C_{p0} = 0.2 \cdot 8,760 \cdot 19$ $C_{po} = 0.2 \cdot 8,760 \cdot 16$ = 33288 Евро/год = 28032 Евро/год $C_{pk} = 0.2 \cdot 8,760 \cdot 0.64 \cdot 167$ $C_{Pk} = 0.2 \cdot 8,760 \cdot 0.64 \cdot 124$ = 187254 Евро/год = 78332 Евро/год $C_{D} = 350 \cdot (19 + 167)$ $C_D = 350 \cdot (16 + 124)$ = 78332 Евро/год = 78332 Евро/год Общая стоимость владения и Общая стоимость использования и эксплуатации трансформаэксплуатации трансформатора в данном случае: тора в данном случае: 355404 Евро/год 294403 Евро/год

Рис. 5.3-2: Пример для экономии с оптимизированным распределительным трансформатором

Экономия электроэнергию на оптимизированном распределительном

трансформаторе около 61 000 евро в год, можно окупить цену транс-

форматора менее чем за год.

5.4 Силовые трансформаторы

5.4.1 Трансформаторы большой мощности

Генераторные трансформаторы, трансформаторы системного и межсистемного назначения, оснащенные устройствами РПН или ПБВ, или их комбинацией (рекомендуется). В зависимости требований они могут быть выполнены как многообмоточные трансформаторы или автотрансформаторы, в 3-фазном или 1-фазном исполнении. В линейке трансформаторов доступны номинальные значения более 1000 МВА и до 1200 кВ (800 кВ), и это не предел! Мы производим это оборудование в соответствии с МЭК 60076, а также согласно другим международным и национальным стандартам (например, ANSI / IEEE), (рис. 5.4-1).

Повышающие трансформаторы

Трансформаторы, преобразующие напряжение генератора в напряжение линии электропередачи классом напряжения до 1200 кВ. Схема соединения обмоток таких трансформаторов обычно - Ун/Л.

Чтобы заказать повышающий силовой трансформатор, необходимо указать данные из этой главы.

Понижающие трансформаторы

Понижающие трансформаторы понижают напряжение от уровня передающей системы до уровня соответствующих распределительных сетей. Номинальная мощность понижающих трансформаторов может достигать номинальной мощности линии электропередач.

Межсистемные трансформаторы

Межсистемные трансформаторы объединяют системы передачи с различными уронями напряжения для передачи между системами как активной, так и реактивной мощности.

Основные технические данные

- Установка внутренняя/наружняя
- Максимальная температура окружающего воздуха
- Номинальная частота f
- Группа соединения обмоток
- Номинальная мощность S
- Номинальное первичное напряжение $U_{_{H\ BH}}$
- Диапазон регулирования/количество ступеней
- Регулирование напряжения
- Сопротивление u_{ν} к S_{ν} и U_{ν}
- Максимальный уровень звуковой мощности $L_{\text{ма}}$
- Уровень изоляции BH-ф $U_m/AC/LI$
- Уровень изоляции ВН-н $U_{-}^{"}/AC/LI$
- Уровень изоляции НН-ф Ü_m/AC/LI
- Тип охлаждения
- Схема соединения обмоток ВН
- Схема соединения обмоток НН
- Способ транспортировки
- Потери



Рис. 5.4-1: Трансформаторы большой мощности

5.4.3 Трансформаторы средней мощности

Силовые трансформаторы средней мощности в диапазоном мощностей от 30 до 250 МВА и напряжения более 72,5 кВ используются в качестве сетевых и повышающих трансформаторов (рис. 5.4-2).

Отдельные пункты

- Трансформатор производится в соответствии с национальными (ГОСТ) и международными стандартами (МЭК / ANSI) с регулированием или без регулирования напряжения
- 3-фазное или 1-фазное исполнение
- С любыми типами системы охлаждения

Основные технические данные

- Количествово обмоток (ВН, НН, СН)
- Номинальные напряжения и мощность
- Тип и диапазон регулирования
- Схема и группа соединения обмоток
- Частота
- Потери
- Напряжения короткого замыкания и ток холостого хода
- Тип системы охлаждения
- Тип вводов
- Требования к шуму (без нагрузки, с нагрузкой и/или общий шум)
- Тип жидкого диэлектрика
- Климатическое исполнение



Рис. 5.4-2: Трансформатор средней мощности с использованием масла в качестве изоляции

5.4.3 Трансформаторы малой мощности

Маломощные и распределительные трансформаторы от 5 до 30 МВА с максимальным рабочим напряжением 145 кВ. Они используются в качестве сетевых трансформаторов в распределительных сетях (рис. 5.4-3).

Трансформатор как правило, 3-фазного исполнения, разработан согласно национальным и международным стандартам. Обмотки низкого напряжения должны быть выполнены как фольгированные или слоеные. Высоковольтные обмотки должны быть в выполнены как слоеные или дисковые, включая транспонирование проводников. Как правило, тип охлаждения М (естественная циркуляция воздуха и масла) или Д (принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла). Ответвления обмоток могут выполнены с ПБВ или с РПН.

Основные технические данные

- Тип
- Установка внутренняя/наружняя
- Максимальная температура окружающего воздуха
- Номинальная частота f
- Группа соединения обмоток
- Номинальная мощность S
- Номинальное первичное напряжение $U_{_{\!H}}{}_{_{\!BH}}$
- Диапазон регулирования/количество ступеней
- Регулирование напряжения
- Номинальное вторичное напряжение $U_{_{\!H}}$ нн
- Сопротивление u_k к S_r и U_r
- Максимальный уровень звуковой мощности $L_{\scriptscriptstyle \mathrm{WA}}$
- Уровень изоляции BH-ф $U_m/AC/LI$
- Уровень изоляции BH-н $-U_m/AC/LI$
- Уровень изоляции НН-ф Ü_/AC/LI
- Тип охлаждения
- Схема соединения обмоток ВН
- Схема соединения обмоток НН
- Способ транспортировки
- Потери
- Ограничения по весу
- Габариты



Рис. 5.4-3: Трансформатор малой мощности

5.5 Реакторы

В сетях переменного тока широко используются шунтирующие и последовательные реакторы для ограничения перенапряжений в сети или для ограничения тока короткого замыкания. В воздушных высоковольтных линиях большой протяженности и большой емкостью оба типа реактора играют важную роль.

Реакторы под любые требования

Масляные реакторы изготавливаются в двух исполнениях:

- С железным сердечником, разделенным воздушным зазором
- С железным сердечником, с магнитной обратной связью

Предлагаем индивидуальные решения для маслянных реакторов. Они полностью удовлетворяют требованиям в отношении напряжения, номинала, режима работы, низкого уровня шума, малым потерями и типу охлаждения, а также транспортировки и монтажа.

Обмотки, устройства контроля за жидкостью и варианты подключения практически аналогичны трансформаторам.

Шунтирующие реакторы,

На линии электропередач сверхвысокого напряжения (СВН) из-за большой протяженности линии между ЛЭП и землей образуется емкостная связь, что приводит к увеличению напряжения. В зависимости от расстояния, назначения линии и передающейся мощности, установка шунтирующего реактора необходима либо в начале, либо в середине линии. Решением является шунтирующий маслонаполненный реактор. Улучшенная конструкция и технология производства обеспечивает низкий уровень потерь и низкий уровень шума реактора.

Шунтирующие реакторы также может быть изготовленыс возможностью регулировки. Это предоставляет возможность для точной настройки напряжения, а также уменьшение кол-ва высоковольтного оборудования путем замены нескольких нерегулируемый реакторов одним регулируемым.

Последовательные реакторы

Когда сеть становится все больше, в некоторых случаях ток короткого замыкания на линии электропередач будет превышать ток короткого замыкания коммутационного оборудования. Модернизация сети с повышением напряжения, номинальных данных оборудования или использовании трансформатора с высоким сопротивлением гораздо дороже, чем установка маслонаполненного последовательного реактора в линию. Маслонаполненная кострукция может также значительно сэкономить место на подстанции.

Спецификация

Обычно в первую очередь должны быть рассмотрены 3-фазные или 1-фазные реакторы. Помимо уровня изоляции реактора, группы соединений, общего уровеня потерь, уровня шума, в качестве основных данных для шунтирующего реактора также следует рассматривать и повышение температуры.

Хотя приведенные выше данные также необходимы для последовательных реакторов, при заказе обязательно должны быть указаны номинальный ток, сопротивление и термическая/динамическая стойкость.



Рис. 5.5-1: Реактор

5.6 Специальные трансформаторы для промышленности

Для ряда промышленных применений из-за использования мощности (тока) в качестве основного ресурса для производства требуются специфические промышленные трансформаторы. Для электродуговых, ковшовых печей и выпрямителей с большими токами требуются трансформаторы специального назначения для выдачи большой мощности при низком напряжении. Такой тип трансформатора, а также трансформаторов для прямого подключения к выпрямителю называется трансформатором специального назначения или промышленным трансформатором, конструкции которого позволяют работать с большими токами для промышленных целей.

Электродуговые трансформаторы

Трансформаторы для электродуговых и ковшовых печей требуются в различных областях плавки. Они изготавливаются для сталеплавильных печей, ковшовых и ферромагнитных печей, и похожие на трансформаторы для печей с погруженной дугой (рис. 5.6-1).

Электродуговые трансформаторы работают в очень тяжелых условиях, с учетом частых перенапряжений и перегрузок по току, создаваемых короткими замыканиями в печи и работой высовольтного выключателя. Нагрузки циклически повторяются. Для длительной работы электродуговой печи дополнительно требуются последовательно соединенный реактор для стабилизации тока дуги и оптимизации процесса электродуговой плавки.

Специализированные компоненты

Электродуговые трансформаторы сконструированы таким образом, чтобы выдерживать повторные короткие замыкания и высокие тепловые перегрузки, а также работать с перенапряжениями из-за процесса зажигания дуги. Электродуговые реакторы фирмы SIEMENS выполняются в 3-х фазном исполнении с железным сердечником, с разомкнутым или замкнутым магнитопроводом.

Варианты исполнения

- Прямо или непрямое регулирование
- Переключение под нагрузкой или без возбуждения (РПН/ПБВ)
- Встроенный реактор для стабилизации дуги
- Тип и способ подключения вторичной обмотки
- Воздушное или водяное охлаждение
- Внутреннее вторичное соединение фаз (внутренний треугольник)

Основные технические данные

- Номинальная мощность, частота и напряжение
- Диапазон регулирования и максимальный вторичный ток
- Сопротивление и группа соединений
- Тип охлаждения и температура среды
- Тип последовательного реактора и диапазон регулирования и тип (РПН/ПБВ)

Электродуговые выпрямительные трансформаторы

Электродуговые выпрямительные трансформаторы необходимы во различных процессах и приложениях. Для сталеплавильной промышленности трансформаторы выпускаются с тиристорным выпрямителем. Электродуговые выпрямительные трансформаторы работают в очень тяжелых условиях, также как и выпрямительные трансформаторы в целом, но используя выпрямительный трансформатор для выполнения плавки. Трансформаторы предназначены для циклическогоизменения нагрузки.



Рис. 5.6-1: Электродуговые трансформаторы

5.5 Реакторы

Преобразовательные агрегаты

Преобразовательные агрегаты выполняются с диодным или тиристорным выпрямителем. Область применения лежит от крупнейших установок по электролизу алюминия до различных применений средней мощности. Агрегаты могут иметь встроенный или отдельный узел регулирования напряжения. Из-за широкого спектра применения они могут иметь различные конструкции в сочетании с регулятором напряжения, выпрямительные трансформаторы двойной конфигурации, фазосдвигающий узел, межфазные реакторы, преобразователи и сетевые фильтры (рис. 5.6-2).

Специализированные компоненты

Тиристорные выпрямители - если таковые имеются - требуют регулирования без возбуждения. Диодный выпрямитель в сравнении с ними имеет более широкий диапазон регулирования напряжения, чем устройство РПН. Дополнительно в одном корпусе (в зависимости от типоразмера и ограничения размеров) может быть выполнен автоматический регулировочный трансформатор.

Варианты исполнения

- Тиристорный или диодный выпрямитель
- Переключение под нагрузкой или без возбуждения (РПН/ПБВ)/ сетевой фильр
- Множество различных групп соединений и возможность фазовых сдвигов
- Межфазные реакторы, преобразователи
- Тип и способ подключения вторичной обмотки
- Воздушное или водяное охлаждение

Основные технические данные

- Номинальная мощность, частота и напряжение
- Диапазон регулирования и количество ступеней
- Сопротивление и группа соединения, угол сдвига фаз
- Тип охлаждения и температура среды
- Мостовое или межфазное соединение
- Пульсация трансформатора и системы
- Спектр гармоник или угол управления выпрямителем
- Расположение вторичных отпаек

Преобразовательные трансформаторы

Преобразовательные трансформаторы используются для мощных приводов, статических компенсаторов напряжения и статических компенсаторов частоты.

Специализированные компоненты

Преобразовательные трансформаторы выполнятся двухуровненвыми, с двумя вторичными обмотками, для 12-импульсного выпрямителя. Такие трансформаторы обычно имеют дополнительные обмотки для фильтрации гармоник. Множество различных групп соединений и возможность фазовых сдвигов.

Основные технические данные

- Номинальная мощность, частота и напряжение
- Сопротивление и группа соединения, угол сдвига фаз
- Тип охлаждения и температура среды
- Пульсация трансформатора и системы
- Спектр гармоник или угол управления выпрямителем



Рис. 5.6-2: Преобразовательный агрегат для алюминиевого завода

Питание тяговых сетей

Этот вид трансформатора реализует связь между электрической сетью и тяговой сетью для питания подвижного состава. Трансформатор работает в особых критических режимах состояния короткого замыкания и перегрузки с большой частотой в год, при этом необходима высокая надежность для обеспечения безопасности движения поездов.

Основные технические данные

- Номинальная мощность, частота и напряжение
- Сопротивление и группа соединений
- Условия перегрузки
- Тип охлаждения и температура среды
- Спектр гармоник или угол управления выпрямителем

Варианты исполнения

- Прямое соединение между передающей сетью и железнодорожной контактной сетью
- Частота изменения через преобразование постоянного тока (например, 50 Гц - 16.67 Гц)
- Тиристорный или диодный выпрямитель
- Переключение под нагрузкой или без возбуждения (РПН/ПБВ)/ сетевой фильр
- Тип и способ подключения вторичной обмотки
- Воздушное или водяное охлаждение

5.7 Фазоповоротные трансформаторы

Фазоповоротный трансформатор это устройство для регулирования потока через определенные линии в сложных сетях передачи мощности. Основная функция фазоповоротного трансформатора состоит в изменении сдвига фаз между входным и выходным напряжением линии электропередач, регулируя таким образом объем активной мощности, которая может передаваться в линии.

Рекомендации по необходимой информации

Помимо общих сведений для трансформаторов должны бытб указаны следующие специализированные данные (рис. 5.7-1):

- Номинальная мощность Допустимая мощность при номинальном напряжении, для которой фазоповоротный трансформатор предназначен.
- Номинальное напряжение
 Линейное напряжение с рабочими и эксплуатационными характеристиками указываются на холостом ходу.
- Номинальный фазовый сдвиг
 Угол сдвига фаз достигается, когда фазоповоротный трансформатора работает на холостом ходу, или если указано, при полной нагрузке с указанным коэффициентом мощности.
- Направление сдвига фаз
 В одну или в обе стороны. Изменение угла под нагрузкой или
 без нагрузки.
- Количество ступеней
 Минимальное и/или максимальное количество ступеней.
- Сопротивление Номинальное сопротивление при номинальном напряжении, номинальная мощность MBA и соединение нулевого сдвига, а также допустимые изменения сопротивления при управлении напряжением и фазовым сдвигом.
- Стойкость к коротким замыканиям в сети Когда уровень тока короткого замыкания становится критическим для конструкции фазоповоротного трансформатора, то должен быть указан порог срабатывания максимальной токовой защиты.
- Номинальный уровень выдерживаемого импульсного напряжения при грозовом разряде источника, нагрузки и выводов нейтрали.
- Специальные испытания конструкции Кроме стандартных высоковольтных импульсных испытаний на всех выводах, следует считать, что высоковольтный импульс может одновременно возникнуть как на источнике, так и на нагрузке, в случае включенного обходного выключателя. Если существует вероятность возникновения такой ситуации имеется в ходе нормальной эксплуатации, то высоковольтные импульсные испытания источника и нагрузки могут быть полезны, чтобы убедиться, что фазоповоротный трансформатор может выдерживать высоковольтные импульсы в случае удара молнии.
- Особые условия перегрузки
 Требуемое состояние перегрузки и тип работы (опережение
 или отставание фазового угла) должен быть четко указан. Осо бенно для работы с отставанием фазы, требования перегрузки
 могут существенно повлиять на стоимость фазоповоротного
 трансформатора.



Рис. 5.7-1: Фазоповаоротный трансформатор

- Эксплуатация фазоповоротного трансформатора
 Работа с другими фазоповоротными трансформаторами параллельно или последовательно.
- Исполнение в одном корпусе или в сдвоенном варианте В большинстве случаев при исполненим трансформатора со сдвоенным сердечником требуется сдвоенный корпус.
- Симметричный или несиметричный тип исполнения Симметричный означает, что при отсутствии нагрузки величина напряжения на стороне нагрузки равна напряжению линии. Для несимметричных фазоповоротных трансформаторов должны быть указаны допустимые отклонения в процентах от номинального напряжения при максимальном угле сдвига фаз.
- Квадратурного или не квадратурного исполнения
 Квадратурное исполнение фазоповоротного трансформатора
 это узел, в котором дополнительное напряжение, которое создает фазовый сдвиг между источником и нагрузкой, перпендикулярно напряжению линии.
- Встроенные варисторы Следует уточнить, допускается ли установка металлооксидных варисторов или нет.

5.8 Трансформаторы для линий постоянного тока

Трансформатор является ключевым элементом преобразовательной подстанции постоянного тока. Выпрямительные или инверторные подстанции являются крайними точками при передаче электроэнергии по протяженным линиям электропередач постоянного тока или по морским кабелямй постоянного тока. Этот тип трансформаторов обеспечивает связь между сетями переменного тока и мощными выпрямителями и используется для управления потоками нагрузки по ЛЭП постоянного тока. Подстанции преобразовывают напряжение сети переменного тока в напряжение питания системы преобразователя и инвертора постоянного тока.

Варианты исполнения

На концепцию конструкции трансформаторов для линий постоянного тока, в основном, влияет номинальное напряжение, номинальная мощность и требования к транспортировке - размеры, вес и способ транспортировки. Многие мощные преобразовательные подстанции постоянного тока расположены в сельских районах с низким уровнем инфраструктуры. Часто необходимы специальные дополнительные металлоконструкции для возможности транспортироаки таких трансформаторов по железной дороге.

Обычно трансформаторы для линий постоянного тока представляют собой однофазные устройства, содержащие две обмотки. Это понятие может включать в себя 2 параллельных вентильных обмотки (две для треугольника или две для звезды, рис. 5.8-1) или две различные вентильные обмотки (одна для треугольника и одна для звезды, рис. 5.8-2). В целях снижения общей высоты конструкции довольно часто сердечник состоит из двух частей. В связи с требованиями резервирования на преобразовательных подстанциях постоянного тока трехфазные модули встречаются крайне редко.

Вентильные обмотки находятся под воздействием как переменного так и постоянного напряжения, поэтому при сборке требуется особая прочность изоляции. Кроме того, должны быть установлены специальные направляющие системы, соединяющие опоры и обмотки, чтобы выдерживать напряжение постоянного тока выпрямителя. Кроме того, ток нагрузки содержит гармонические составляющие со значительной энергией, что приводит к росту потерь и повышению шума. Прежде всего, со стороны вентилей необходимы специальные высоковольтные вводы для подключения к верхнему и нижнему выводу обмоток каждой системы с внешней стороны. Для систем «звезды» или «треугольника» устанавливаются два одинаковых ввода.

Для одобрения соответствующей конструкции и качества изготовления должны быть проведены специальные испытания напряжением постоянного тока и с изменением его полярности. Место проведения испытаний должно быть снабжено аппаратурой для испытаний постоянным током и, соответственно, необходимо обеспечить безопасное расстояние для испытаний на стойкость к испытательному напряжению постоянного тока.

Технические характеристики

Помимо стандартных параметров силовых трансформаторов, при проектирование трансформаторов для линий постоянного тока должны быть известны специальные рабочие требования. Эти параметры определяются совместно с проектировщиками преобразовательной подстанции постоянного тока и инженерами-проектировщиками трансформатора для того, чтобы все оборудование работало с необходимыми экономическими показателями.

Особые параметры:

 Уровень испытания: Приложенное напряжение, полярность постоянного тока и время испытания переменным током определяет изоляцию трансформатора в сборе



Рис. 5.8-1: Преобразовательный трансформатор СВНПТ (сверхвысокое напряжение постоянного тока) для двухполюсной системы передачи ± 800 кВ постоянного тока 6400 МВт; 2071 км: однофазный; 550 кВ переменного тока, 816 кВ постоянного тока; 321 МВА; высокоимпульсная система питания со схемой соединения «звезда»



Рис. 5.8-2: Преобразовательный трансформатор для линий постоянного тока для двухполюсной системы передачи ± 500 кВ постоянного тока 2500 МВт: однофазный; 420 кВ переменного тока; 515 кВ постоянного тока; 397 МВА; схема соединения «звезда» (слева на рисунке) и «треугольник» (справа на рисунке)

- <u>Спектр гармоник</u> тока нагрузки и фазовых соотношений создающие дополнительные потери в виде нагрева, которые должны компенсироваться контуром охлаждения
- Напряжение короткого замыкания влияющих на размеры обмоток и общую высота трансформатора
- Смещение постоянного тока в нагрузке и токе и нейтрале трансформатора должны быть рассмотрены для уменьшения помех и потерь на холостом ходу
- <u>Производная тока нагрузки</u> (di/dt) ключевой параметр для устрой-
- Перегрузочная способность должна быть рассмотрена для контура охлаждения и выбора мощности охладителя
- <u>Диапазон регулирования</u> и количество ступеней в свою очередь является ключевым параметром для конструкции трансформатора
- Сейсмические требования должны быть рассмотрены для учета механической прочности опор, высоковольтных вводов и выводов.

5.9 Распределительные трансформаторы

5.9.1 Маслонаполненные распределительные трансформаторы для стандарта Европы/ Америки/Канады

На последней стадии преобразования напряжения от электростанции к потребителю, распределительные трансформаторы обеспечивают необходимые мощности для сети и зданий. Соответственно, их работа должна быть надежной, эффективной и, в то же время, тихой.

Распределительные трансформаторы предназначены для преобразования электрической энергии высокого напряжения, обычно до 36 кВ, в низкое напряжение, как правило, от 250 до 435 В, с одинаковой частотой до и после преобразования. Трансформаторы применяются в основном, в пределах пригородных зон, для административных и промышленных потребителей. Распределительные трансформаторы обычно последний элемент в цепочке поставки электрической энергии для населения и промышленных предприятий.

Распределительные трансформаторы являются отказоустойчивыми, экономичными и имеют длительный срок службы. Эти маслонаполненные трансформаторы могут выполнены как 1-фазные или 3-фазные. Во время эксплуатации обмотки могут подвергаться воздействию высоких перегрузок по внешним цепям и сильным механическим воздействиям при коротких замыканиях. Обмотки изготавливаются из меди или алюминия. Низковольтные обмотки выполняются из полосы или плоского провода проволки, высоковольтные же обмотки выполняются из круглого или плоского провода.

Три вида продукта - стандартные, специальные и трансформаторы для возобновляемых источников энергии - доступны, следующим образом:

- Стандартные распределительные трансформаторы:
 - Для установки на опоре (рис. 5.9-1) или бетонной плите (рис. 5.9-2) с сердечником по технологии намотки или набора (≤ 2 500 кВА, Uн ≤ 36 кВ)
 - Распределительные трансформаторы средней мощности (> 2,500 ≤ 6,300 кВА, Uн ≤ 36 кВ)
 - Распределительный трансформатор большой мощности (> 6.3 − 30.0 MBA, Uн ≤ 72.5 кВ)
- Специальные распределительные трансформаторы:
 - Специальное исполнение: собственная защита, регулирование распределительных трансформаторов (РПН), электронный регулятор, с низким уровнем помех или другие (автотрансформатор, трансформатор для преобразователей, двухуровневый трансформатор, многообмоточный трансформатор, трансформатор, трансформатор, трансформатор
 - Экологическая направленность: сердечник из аморфного сплава со сниженными потерями холостого хода, спецальной конструкции с низкими потерями, низкий уровень шума и/или электромагнитных полей, с натуральным или синтетическим маслом, где выше огнестойкость и/или требуется способность к биологическому разложению
- Распределительные трансформаторы для возобновляемых источников энергии:
 - используются в ветровых электостанциях, солнечных электростанциях или гидроэлектростанциях



Рис. 5.9-1: Трансформатор для установки на опоре, Канада



Рис. 5.9-2: Маслонаполненные распределительные трансформаторы

5.9.2 Регуляторы напряжения

Компания Siemens изобрела регулятор напряжения в 1932 году и является основателем его использования в Соединенных Штатах. Регуляторы напряжения представляют собой автотрансформаторы с возможностью переключения отпаек, чтобы желаемый уровень напряжения можно было бы поддерживать в любое время. Регулятор напряжения состоит из автотрансформатора с отпайками и РПН. Стандартный регулятор напряжения обеспечивает регулировку напряжения ± 10 % с 32 ступенями по 0.625% каждая. В некоторых моделях регуляторов напряжения возможна регулировка от ± 1 до 5% и ± 20 %.

Регуляторы напряжения выполняются маслонаполненными и могут быть 1-фазного или 3-фазного исполнения. Они могут иметь естественное или принудительное воздушное охлаждение. Возможны варианты 50 или 60 Γ ц и с повышением температуры до 55 $^{\circ}$ С или 65 $^{\circ}$ С, они могут быть использованы в любой электросети для улучшения качества напряжения.

Диапазон регулирования напряжения основывается на проценте регулирования (т.е. 10%). Для примера, установка трех однофазных регуляторов мощностью 333 кВА должна быть использована с трансформатором мощностью 10 МВА (например, 10 МВАх0.1/3=333 кВА). 1-фазные регуляторы доступны в диапазонах от 2.5 до 19.9 кВ и от 38.1 до 889 кВА (рис. 5.9-3). 3-фазные регуляторы доступны от 13.2 до 34.5 кВ и от 500 до 4000 кВА.

Регуляторы напряжения могут частично или полностью разбираться для осмотра и обслуживания без отключения каких-либо внутренних электрических или механических соединений. После того, как корпус устройства снят, можно управлять механизмом регулятора напряжения и тестировать панель управления от внешнего источника напряжения без любых отключений между управлением и регулятором.

Стандартные внешние аксессуары

Стандартные аксессуары включают:

- Внешний металл-оксидный варистор (МОВ) в обход разрядника
- Закрытый блок подключения с разборной уплотнительной крышкой. Это позволяет легко переподключить трансформатор для работы с различными напряжениями.
- Клапан для отбора проб масла
- Две таблички с лазерной гравировкой
- Внешний датчик уровня масла указывает уровень масла при температуре 25 °С, температуру окружающей среды и цвет масла
- Внешний указатель положения РПН
- Монтажные выводы для дополнительного подключения разрядников к вводам источника (S), нагрузки (L) или источник-нагрузка (SL). Они должны быть полностью проварены по окружности.

Аксессуары и опции

Комплект для удаленного управления Длинный контрольный кабель должен быть предусмотрен для удаленного монтажа шкафа управления в нижней части корпуса.

Основание

Необходимо поднять регулятор напряжения до высоты безопасной эксплуатации от земли до самой нижней токоведущей части.

Дополнительные требования

Эсплуатация при различных напряжениях.

Проверка:

Все регуляторы напряжения должны испытываться в соответствии с последними стандартами ANSI C57.15.

Стандартный тест включает:

- Измерения сопротивления всех обмоток
- Проверка коэффициента трансформации на всех ступенях РПН
- Тест полярности
- Потери XX при номинальном напряжении и номинальной частоте
- Ток возбуждения при номинальном напряжении и номинальной частоте
- Сопротивление и потери под нагрузкой при номинальном токе и номинальной частоте
- Используемый потенциал
- Наведенный потенциал
- Проверка коэффициента мощности жидкого диэлектрика
- Импульсный тест
- Сопротивление изоляции



Рис. 5.9-3: **1-фазный регулятор напряжение, JFR**

5.9.3 Трансформаторы с изоляцией из литого компаунда на основе эпоксидной смолы GEAFOL

Трансформаторы GEAFOL успешно эксплуатируются с 1965 года. С тех пор во всем мире крупным производителям было выдано много лицензий. Более 100 000 трансформаторов эксплуатируются в области распределения энергии или в преобразовательной технике во всем мире.

Преимущества и области применения

Распределительные и силовые трансформаторы GEAFOL мощностью от 100 до примерно 50 000 кВА и импульсным значением перенапряжения до 250 кВ полноценно заменяют маслонаполненные трансформаторы с сопоставимыми электрическими и механическими параметрами. Они предназначены для внутренней установки в непосредственной близости от центра мощной нагрузки потребителей. Исключительное использование огнезащитных изоляционных материалов освобождает эти трансформаторы от всех ограничений, которые применяются к маслонаполненным электротехническим оборудованиям, такими как необходимость отбора проб масла, противопожарные стены, противопожарное оборудование. Для использования вне помещений, возможны специально предназначенные шкафного исполнения корпуса из листового металла.

Трансформаторы GEAFOL установливаются везде, где маслонаполненные трансформаторы не могут использоваться или где использование маслонаполненных трансформаторов потребует серьезной работы по подготовке к использованию, таких как внутри зданий, в туннелях, на судах, кранах и морских платформах, внутри ветряных турбин, в подземных водосборниках и в пищевой промышленности. Для использования вне помещений, возможны специально предназначенные шкафного исполнения корпуса из листового металла.

Часто эти трансформаторы сочетаются с их первичными и вторичными коммутационными аппаратами и распределительными щитами в компактных подстанциях, которые устанавливаются непосредственно в месте их использования. При использовании в качестве статического преобразователя трансформаторы для приводов с переменной скоростью, они могут быть установлены вместе с преобразователями около привода. Это снижает требования к конструкции, кабельные затраты, потери и затраты на установку.

Трансформаторы GEAFOL защишены от номинальных импульсных перенапряжений. Уровни помех сравнимы с маслонаполненными трансформаторами. Принимая во внимание косвенное сокращение расходов, они также в основном экономически конкурентоспособны. В силу своей конструкции трансформаторы GEAFOL практически не требуют обслуживания.

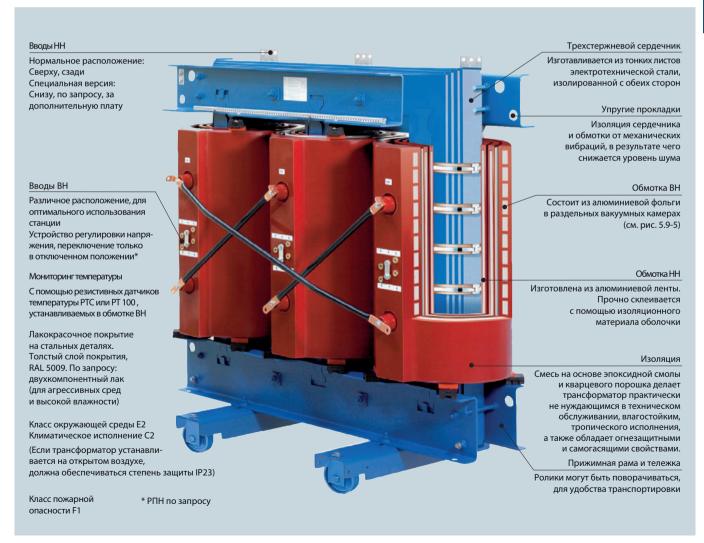


Рис. 5.9-4: Свойства сухого трансформатора GEAFOL

5.8 Трансформаторы для линий постоянного тока

Стандарты и инструкции

Сухие трансформаторы GEAFOL на основе литьевой смолы соответствуют МЭК 60076-11, EN 60076-11 и EN 50541-1.

Характеристики (рис. 5.9-4):

Обмотка ВН

Обмотки ВН наматываются из алюминевой фольги с чередованием высококачественной изолирующей пленки. Обмотка собирается и подключается отдельными катушками, помещенными в нагретую литейную форму и герметизируются в вакуумной печи смесью чистого диоксида кремния (кварцевый песок) и специально смешаных эпоксидных смол. Только подключение к внешним вводам выполнено в виде отлитых латунные гайек, которые внутри соединены с алюминиевой обмоткой.

Внешнее соединение в треугольник изготовлено из изолированных медных или алюминиевых перемычек, чтобы гарантировать оптимальную конструкцию установки. В результате обмотки ВН получаются огнестойкие, влагостойкие и коррозионно-стойкие и показывают прекрасную стойкость к старению при любых условиях эксплуатации.

Обмотки из фольги комбинируют простоту намотки и высокую степень электробезопасности. Изоляция подвергается воздействию меньшего напряжения, чем в других типах обмоток. В обычной обмотке из круглого провода, межвитковые напряжения могут увеличивать вдвое напряжение между слоями. В фольгированной же обмотке межслоевое напряжение никогда не превышает напряжения витка, поскольку каждый слой состоит только из одного витка. В результате трансформаторы имеют высокую стойкость к переменным и импульсным напряжениям.

Температурные коэффициенты объемного расширения алюминия и эпоксидной смолы столь близки, что механические напряжения, обусловленные изменениями нагрузки, сведены к минимуму (рис. 5.9-5).

Обмотка НН

Стандартная низковольтная обмотка значительно снижает вероятность пробоя изоляции, так как намотана из отдельных алюминевых полос с чередованием литой смолы, пропитанной стеклоткани.

Собранные катушки затем сушат в печи до формы равномерно скрепленного целого цилиндра, который невосприимчив к воздействию влаги. Благодаря конструкции обмотки, выполненной в виде отдельного полотна, достигается отличная динамическая устойчивость при коротком замыкании. Соединения приваривают к алюминевым полотнам и подключают алюминиевой или медной полосой ко вторичным цепям.

Пожарная безопасность

Для изготовления трансформаторов GEAFOL используются только огнезащитные и самозатухающие материалы. Дополнительные вещества, такие как оксид тригидрата алюминия, которые могут негативно повлиять на стабильность механических свойств формовочного материала из литьевой смолы, не используются. Внутренние дуги от электрических повреждений и воздействия внешнего пламени не вызывает горения или взрыва трансформатора. После удаления источника воспламенения, трансформатор затухает сам. Конструкция траняформатора одобрена пожарными инстанциями во многих странах для установки в жилых зданиях и других сооружениях. Экологической безопасность продуктов сгорания была доказана в многочисленных испытаниях (рис. в 5.9-6).

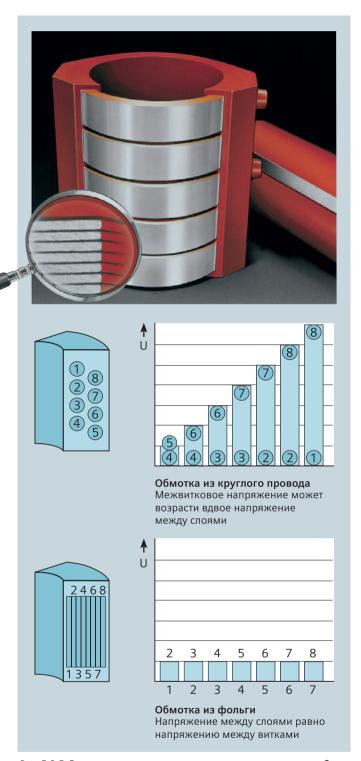


Рис. 5.9-5: Высоковольтная герметизированная конструкция обмотки трансформатора из литьевой смолы. Напряжение между слоями обычных круглых проводов (вверху) и обмотка из фольги (внизу)

Категория трансформаторов из литой смолы

Сухие трансформаторы должны быть классифицированы по категориям, перечисленным ниже:

- Категория экологичности
- Климатическая категория
- Категория пожароопасности

Эти категории должны быть приведены на паспортной табличке каждого сухого трансформатора.

Свойства, заложенные в стандартах для отношения к категории, касающиеся окружающей среды (влажность), климата и огнестойкости, должны быть продемонстрированы с помощью испытаний.

Эти испытания описаны для категории экологичности (цифры кода E0, E1 и E2) и климатические категории (код числа C1 и C2) в МЭК 60076-11. Согласно этому стандарту, испытания будут проведены на собранных трансформаторах. Испытания огнестойкости (код пожарной категории номера F0 и F1) ограничены испытаниями на копиях собранных трансформаторов, которые состоят из сердечника, обмотки низкого и высокого напряжения.

Трансформаторы GEAFOL из литьевой смолы соответствуют высоким установленным требованиям классы защиты:

- Категории экологичности E2 (опционально для GEAFOL-BASIC)
- Категория климата С2
- Категоря пожароопасности F1

Класс изоляции и повышение температуры

Для обмотки ВН и НН используется класс изоляционных материалов F, имеющий среднее повышение температуры 100 К (стандартное исполнение).

Перегрузочная способность

Трансформаторы GEAFOL могут быть постоянно перегружены до 50% (при соответствующем росте сопротивления напряжению и потерь под нагрузкой), если установить дополнительные радиальные вентиляторы (размеры могут увеличится примерно на 100 мм в длину и ширину.) Кратковременные перегрузки являются некритическими при условии, что максимальная температура обмоток не превышена в течение длительного времени (в зависимости от начальной нагрузки и температуры окружающего воздуха).

Мониторинг температуры

Каждый трансформатор GEAFOL оснащен тремя датчиками температуры, установленными в обмотке НН и устройством для отключения с релейным выходом. Резистивные датчики температуры РТС используются для измерения температуры максимального количества горячих точек обмотки.

Дополнительные датчики могут быть установлены, например. для управления вентилятором. В качестве альтернативы доступны датчики РТ100. Для рабочего напряжения НН обмотки от 3.6 кВ и выше может быть предоставлено дополнительное оборудование.

Вторичные цепи прокладываются в защитном кабельном канале и выводятся в центральную низковольтную клеммную коробку (опционально). Каждый провод и контакт промаркирован, схема соединений прикрепленна к внутренней стороне крышки клеммной коробки.



Рис. 5.9-6: Испытания воспламеняемости трансформатора из литьевой смолы



Рис. 5.9-7: Радиальные вентиляторы охлаждения трансформатора GEAFOL для принудительного охлаждения

Uн (кB)	LI (ĸB)	AC (ĸB)					
1.1	-	3					
12	75	28					
24	95*	50					
36 145* 70							
* другие уровни по запросу							

Таблица 5.9-1: **Стандартные уровни изоляции GEAFOL**

5.8 Трансформаторы для линий постоянного тока

Установка и ограждение

Внутренняя установка в помещениях или в различных корпусах из листов металла - это наиболее предпочтительный метод установки. Трансформаторы должны быть защищены только от доступа к выводам или поверхности обмоток, от прямого солнечного света и попадания воды. Если при установке на месте или в корпусе будет недостаточно вентиляции, то при заказе должна быть указана принудительная вентиляция или другой способ охлаждения.

Вместо стандартного открытого присоединения может поставляться вилочный разъем для высоковольтной стороны с импульсным перенапряжением до 170 кВ. Первичные кабельные цепи, как правило, подводятся к трансформатору из канала снизу, но также могут подключаться и сверху (рис. 5.9-8).

Вторичные цепи могут быть выполнены с помощью нескольких изолированных кабелей или путем подключения к верхним или нижним шинам. Вторичные цепи изготавливаются из алюминия (медь по запросу).

Для отдельных трансформаторов или для внутренних компактных подстанций с высоковольтными и низковольтными распределительными панелями доступны разнообразные шкафы для внутренней или наружной установки с разными классами защиты. Также доступны корпуса, испытанные согласно PEHLA. (рис. 5.9-9).

Рентабельная переработка

Истекает срок службы старых трансформаторов GEAFOL, которые были произведены в середине 1960-х. За многие годы ремонта таких неисправных трансформаторов или трансформаторов с поврежденными обмотками накоплен большой опыт. Металлические конструкции и смола, используемая в трансформаторах GEAFOL, то есть примерно 95% их общей массы, может быть переработана. Процесс является экологически чистым. С учетом стоимости вторичного сырья, эта процедура зачастую экономически эффективна, даже с учетом небольшой доли материалов, которые перерабатываются в настоящее время.

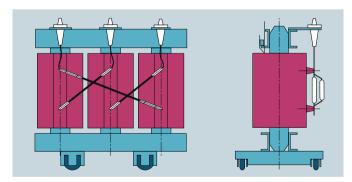


Рис. 5.9-8: Трансформатор GEAFOL с разъемным кабельным подключением



Рис. 5.9-9: Трансформатор GEAFOL в защитном корпусе IP20/40

GEAFOL Basic - это настоящий GEAFOL или больше

GEAFOL Basic основан на технологии GEAFOL, которая проверена в течение более 45 лет и отвечает требованиям качества, но GEAFOL предлагает многочисленные инновационные решения, что позволяет Siemens предоставлять ему несколько специальных характеристик. Например, распределительный трансформатор GEAFOL Basic с максимальной номинальной мощностью 3.15 MBA и максимальным средним напряжением до 36 кВ весит почти на десять процентов легче, чем сопоставимые модели от проверенной серии GEAFOL. И это "похудение" также положительно влияет на размеры. Это может быть достигнуто за счет значительно более эффективного отвода тепла благодаря новой запатентованной конструкции.

Конечно, все распределительные трансформаторы GEAFOL Basic соответствуют требованиям МЭК 60076-11, EN 60076-11 и EN 50541-1. Они отвечают самым высоким требованиям безопасной установки в жилых и производственных сооружениях с климатическим классом С2, класса экологичности Е2 (стандартная модель соответствует Е1; Е2 доступна в качестве опции за отдельную плату) и пожарная классификация F1. С уменьшением площади горизонтальных поверхностей, уменьшается количество осаждаемой пыли, что приводит к дальнейшему снижению и так сниженных затрат времени и усилий, необходимых для технического обслуживания. Тем самым повышается эксплутационная надежность.

Оптимальный компромисс

Распределительный трансформатор GEAFOL Basic представляет собой оптимальный компромисс между производительностью, безопасностью и малыми размерами. В дополнение к этому высокая степень стандартизации обеспечивает наилучшее соотношение затраты-выгоды. Благодаря своим компактным размерам и всеобъемлющей сертификации безопасности, распределительные трансформаторы GEAFOL Basic могут быть использованы практически в любой среде.



Трехстержневой сердечник

Изготавливается из тонких листов электротехнической стали изолированной с обеих сторон с наименьшими потерями

Обмотка НН

Изготовлена из алюминиевой полосы; постоянно скреплен с изоляционной оболочкой

Обмотка ВН

Изготовлена в виде индивидуальных катушек из алюминия с использованием технологии фольгирования и вакуумного литья

- Вводы НН (сверху)
- Подъемные проушины Интегрованны в верхнюю рамку сердечника для простоты транспортировки

- 6 Перемычки ВН для соединения в треугольник с клеммами для подключения цепей
- 7 Прижимная рама и тележка Ролики для продольной и поперечной транспортировки с возможностью поворота (ролики опционально)
- 8 Изоляция изготовляется из эпоксидной смолы/смеси кварцевого порошка Делает трансформатор малообслуживаемым, влагостойким и подходящим для тропиков, огнестойким и самогасящимся
- 9 Отпайки стороны BH ±2 x 2.5 % (со стороны вводов ВН) для адаптаций к соответствующим условиям сети; переключение без нагрузки

Мониторинг температуры

С помощью резистивного датчика температуры РТС в фазе В обмотки НН (во всех трех фазах датчики доступны по запросу)

Покраска стальных частей

Толстослойным покрытием RAL 5015: двухкомпонентное покрытие по запросу (для особо агрессивных сред)

Структура выполнена из отдельных компо-

Для примера, обмотки могут собраны отдельно и заменяться на месте

5.9.4 Специальные трансформаторы GEAFOL

GEAFOL трансформаторы с сухим РПН

Трансформаторы с регулятором напряжения, подключаемые со стороны нагрузки к питающей сети среднего напряжения, снабжают энергией распределительные трансформаторы стороны предприятия. Используемые с трансформаторами РПН в этих сетях среднего напряжения должны, соответственно, иметь высокие характеристики.

Siemens предлагает подходящие трансформаторы конструкции GEAFOL (рис. 5.9-10), которые доказали свою эффективность на протяжении многих лет и доступны с номинальной мощностью до 50 МВА. Диапазон номинальных напряжений ограничен 36 кВ, а максимальное импульсное напряжение составляет 200 кВ (250 кВ). Основная область применения данного типа трансформаторов это современные промышленные предприятия, больницы, административные и жилые здания и торговые центры.

Подключая 1-полюсные РПН вместе с помощью изолирующей штанги, мы получаем 3-полюсный РПН для регулирования выходного напряжения 3-х фазных трансформаторов GEAFOL. В своих девяти рабочих положениях, этот тип РПН имеет номинальный ток 500 А и номинальное напряжение до 900 В на одну ступень. Это позволяет постоянно поддерживать под контролем уровень напряжения при колебаниях до 7200 В. Однако, максимальный диапазон регулирования составляет только 20% от номинального напряжения.

Трансформаторы для статических преобразователей

Это специальные маслонаполненные силовые трансформаторы или трансформаторы с изоляцией из литой смолы, которые предназначены для особых требований работы тиристорного преобразователя или диодного выпрямителя.

Влияние от применения такого преобразовательного оборудования на трансформаторы, а также дополнительные требования к конструкции следующие:

- Повышенная нагрузка токами гармоник
- Симметрия фазных токов в многообмотчных системах (например, 12-импульсная система)
- Стойкость к перегрузке
- Типы для 12-импульсных систем, если это необходимо

Siemens поставляет маслонаполненные преобразовательные трансформаторы всех номиналов и конфигураций известных на сегодняшний день, и сухие преобразовательные трансформаторы с изоляцией из литой смолы мощностью до 50 МВА и импульсным напряжением 250 кВ (рис. 5.9-11).

Для определения параметров и заказа таких трансформаторов необходимо знать важные параметры преобразователя, который будет питаться от трансформатора, а также существующие гармонические составляющие. Эти трансформаторы с соответствующим приводом или преобразовательной системой являются почти эксклюзивным изделием и всегда проектируются исключительно под конкретное применение.



Рис. 5.9-10: 16/22-MBA трансформаторы GEAFOL с сухим РПН

Трансформаторы в нейтрали

Когда в 3-фазной системе используется заземляющий реактор или требуется заземляющая дугогасящая катушка, а возможность подключения к нейтрали отсутствует, то заземление нейтрали должно выполняться с использованием трансформатора в нейтрали.

Трансформаторы в нейтрали доступны для длительной или кратковременной работы. Сопротивление нулевой последовательности трансформатора обычно мало. Стандартные группы соединений обмоток это зигзаг или звезда/треугольник. Также возможны некоторые други группы соединений обмоток.

Трансформаторы в нейтрали могут быть произведены компанией Siemens во всех распространенных диапазонах мощностей, маслонаполненными и с изоляцией из литой смолы.

Трансформаторы для питания заводов по производству поликристаллического кремния

Это специальные трансформаторы, которые являются важной частью заводов по производству поликристаллического кремния, который необходим, в частности, в солнечной промышленности для изготовления коллекторов.

Особенностью этих трансформаторов является то, что они должны предоставлять пять или более вторичных напряжений для питания специальных тиристорных регуляторов. Нагрузки имеют большую степень несимметрии и состоят из гармоник, генерируемых преобразователями. Для этих целей были разработаны специальные трансформаторы GEAFOL с изоляцией из литой смолы с открытыми вторичными цепями. Мощность трансформатора может составлять примерно до 10 МВА, а ток может превышать 5000 А в зависимости от типа реактора и режима эксплуатации. В зависимости от системы управления реактором могут использоваться двухобмоточные или многообмоточные трансформаторы (рис. 5.9-12).



Рис. 5.9-11: 23-MBA трансформатор GEAFOL с изоляцией из литой смолы 10кB/Dd0Dy11



Рис. 5.9-12: 4771 кВА преобразователный трансформатор GEAFOL с 5 вторичными обмотками со ступенями регулирования 10/0.33-2.4кВ

Подробная информация Факс: ++49 (0) 70 21-5 08-4 95 www.siemens.com/energy/transformers

5.10 Тяговые трансформаторы

Siemens выпускает трансформаторы для применения на железных дорогах, называемые тяговыми трансформаторами. Эти трансформаторы устанавливаются на подвижных составах, таких как высокоскоростные поезда, электропоезда и электровозы. Их главная цель - преобразование напряжения контактной сети, которое варьируется в основном от 15 кВ до 25 кВ, в напряжение питания тяговых преобразователей (от 0.7 до 1.5 кВ) (рис. 5.10-1).

Siemens разрабатывает и производит тяговые трансформаторы для подвижного состава всех назначений и соответствующих мощностей и уровней напряжения, а также специфичным требованиям заказчика.

Все продукты оптимизированы с учетом индивидуальных требований заказчика, такие как:

- Частота, мощность и напряжение
- Требуемые размеры и вес
- Потери и характеристики сопротивления и напряжения
- Рабочие режимы и частотная характеристика нагрузок
- Экологические требования

Характеристика

Технические характеристики тяговых трансформаторов это обычно:

- 1-фазные трансформаторы
- Мощность до 10 МВА и выше
- Рабочие частоты от 16¾ до 60 Гц
- Напряжения: 1.5 кВ DC, 3 кВ DC, 15 кВ, 25 кВ, 11.5 кВ или другие специфичные решения
- Bec: < 15 т
- Вспомогательные обмотки и/или подогрев обмоток по требованию заказчика
- Один или нескольких режимов работы системы
- Установка под полом, в машинном отделении или крышного исполнения



Рис. 5.10-1: Тяговый трансформатор для высокоскоростных поездов

- Тяговые обмотки используются как фильтры линии
- Интегрированный контур реакторов
- Различные виды охлаждения для всех мощностей: минеральные масла, силикон или эфирные жидкости для высокой экологической совместимости

В случае запроса клиента:

- С системой охлаждения интегрированной в один каркас вместе с трансформатором или раздельная установка
- Изоляция « Номекс» для самых высоких плотностей передачи энергии

Примеры

Примеры, показанные в таблице, являются типовыми решениями, где были использованы тяговые трансформаторы Siemens (Табл. 5.10-1).

Высокоскоростной поезд AVE S102 для RENFE Испания	Электровоз для ÔBB Австрии (1216 Серии) для внутриевропейских перевозок	Самая мощная в мире серийное производство грузовых локомотивов для Китая
Эксплуатация: Мадрид - Барселона Время в пути: 2 ч 30 мин расстояние 635 км Кол-во локомотивов: 8 Энергосистема: 25 кВ/50 Гц Максимальная мощность на колесах: 8800 кВт Макс. скорость: 350 км/ч Кол-во мест: 404	4 режима работы 15 кВ АС 16 Гц 25 кВ 50 Гц 3 кВ DC 1.5 кВ DC Скорость: 200 - 230 км/ч Вес 87 т	6 мостовая машина 9600 кВ на 6 мостов работа с составами массой 20.000 т
	OBB	

Таблица 5.10-1: Siemens разрабатывает и производит тяговые трансформаторы для подвижного состава всех назначений соответствующих мощностей и уровней напряжения

5.11 Управление жизненным циклом трансформатора

Введение

Силовые трансформаторы обычно выполняют свою работу, тихо гудя десятилетиями, без каких-либо перерывов. Операторы уже так привыкли полагаться на потенциал своих трансформаторов, часто исполняя лишь минимальное техническое обслуживание с использованием традиционных методов (рис. 5.11-1).

Сегодняшние нагрузки и требования, дополнительные экологические ограничения и новые цели корпоративного развития, продолжают закрывать глаза на эксплуатационную стоимость оборудования, что позволяет Siemens предоставлять полный набор решений, направленных на поддержание оборудования на пиковом уровне при любых эксплуатационных условиях. Новое поколение менеджеров по управлению активами заинтересована в "оперативной" стоимости, включая затраты на замену, вместо остаточной стоимости восстановления оборудования в течение десятилетий, которая часто близка к нулю.

Силовые трансформаторы это долговременные капитальные вложения. Их приобретение и замена требует длительного периода планирования, проектирования и закупки. Каждая индивидуальная концепция специально адаптирована к конкретным требованиям. Соответствующая высокая стоимость замены и время доставки находятся в центре внимания.

Что такое TLM[™]?

Управление жизненным циклом трансформатора от Siemens (Transformer Lifecycle Management™ (TLM™) включает работу опытных специалистов, которые обеспечивают наиболее эффективные решения для увеличения жизненного цикла силовых трансформаторов любого возраста и любой марки.

Техническое обслуживание силовых трансформаторов клиентов на пике рабочего уровня является главной задачей Siemens TLM набор решений. Siemens TLM основывается на имеющиехся знаниях и опыте всех Siemens трансформаторных заводов, которые известны высоким качеством и низкой интенсивностью отказов. TLM сфера услуг, объясняется в следующей краткой вкладке:

Оценка состояния и диагностика (рис. 5.11-2)

- Уровень 1: SITRAM®DIAG Основная диагностика
- Уровень 2: SITRAM®DIAG Дополнительная диагностика
- Уровень 3: SITRAM®DIAG Высоковольтные испытания

Программа SITRAM® DIAG состоит из трех уровней и обеспечивает диагностику модулей для отдельных трансформаторов, а также для оценки комплектных трансфораторных станций и городских трансформаторов.

SITRAM® DIAG Основная диагностика (Уровень 1)
Все модули на диагностическом уровне 1 "Важно" будут применяться на трансформаторах под напряжением. Наиболее мощный инструмент для этого этапа - диагностика изоляционной жидкости. Дополнительные отдельные устройства можно применять в случае, когда необходима замена масла по результатам его тестов и/или по требованям обслуживающего персонала.

- Стандартное испытание масла (8-12 параметров)
- Анализ масла на предмет растворенных газов
- Фурановые соединения
- Влажность



Рис. 5.11-1: Siemens: управление жизненным циклом трансформатора и объем услуг

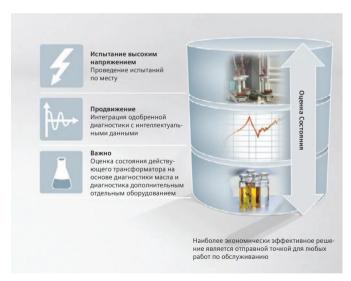


Рис. 5.11-2: SITRAM® DIAG представляет диагностические модули для отдельных трансформаторов, а также для комплектной оценки парка трансформаторов

5.10 Тяговые трансформаторы

Дополнительные отдельные модули

- РD (УВЧ-, акустические датчики, дуговые камеры)
- Измеритель шума
- Измеритель вибрации
- Термографическая съемка

SITRAM® DIAG Дополнительная диагностика (Уровень 2) Более сложные модули применяются на обесточенных и отключенных трансформаторах. Большинство измерений повторяют измерения, как это указано в заводских испытаниях, и, сравнивая результаты, можно определить любые различия. Уровень 2 предоставляет информацию о состоянии изоляции, а также механическое состояние (смещение) активной части трансформатора.

- Коэффициент трансформации и фазовый сдвиг
- Сопротивление обмоток
- Тангенс диэлектрических потерь (обмотки и ввода)
- Сопротивление изоляции и
- Индекс поляризации (ИП)
- Сопротивление
- Ток XX и потери
- При низком напряжении
- FDS/PDC
- FRA

Используются все дополнительные модули Уровня 1

SITRAM®DIAG Высоковольтные испытания (Уровень 3)
Высоковольтные испытания, как правило требуются на месте ремонта, ремонтном цеху, в отделе реконструкции и транспортировки, а также выполняется для обеспечения оценки результатов уровня 1 и уровня 2. SITRAM DIAG, мобильная испытательная площадка, предоставляет решения для всех видов высоковольтных испытаний и измерения потерь. Продолжительность нагрева или длительность испытания осуществимы в зависимости от размера и уровня напряжения тестируемого трансформатора. Оценка уровня 3 может использоваться в сочетании со всеми модулями с уровня 1 и уровня 2.

- Потери под нагрузкой
- Потери и токи XX
- Испытания перенапряжениями
- Испытания наведенными перенапряжениями
- Испытание частичными разрядами
- Испытание постоянным током
- Тепловой нагрев
- Длительность испытаний

Используются все дополнительные модули 1 и 2 Уровня

Онлайн Мониторинг (рис. 5.11-3)

- SITRAM® GUARDS
- SITRAM® CM
- SITRAM® iCMS

Новый мониторинг третьего поколения Siemens SITRAM® MONITORING обеспечивает совместимые, модульные и индивидуальные решения для каждого силового трансформатора (новых и модернизируемых) и решения для всего трансформаторного парка.



Рис. 5.11-3: Все уровни концепции SITRAM® MONITORING

В целом, эти системы дают возможность непрерывного мониторинга силовых трансформаторов, которые выходят далеко за пределы традиционного способа измерений при отключеннии трансформатора от сети. Опыт ясно показывает, что с момента применения онлайн-мониторинга повысилась эффективность раннего выявления неисправностей, которые только могут произойти. Таким образом, можно дополнительно планировать и проводить профилактически-восстановительный ремонт. Также можно использовать незадействованные мощности . Это обусловливает более высокую надежность, эффективность и длительный срок службы силовых трансформаторов.

SITRAM Guard's:

Стандартизованные и утвержденные технологии датчиков в качестве единого решения для отдельных трансформаторов.

- GAS Guard (онлайн-анализ газа в масле)
- PD-Guard (мониторинг частичных разрядов)
- BUSHING Guard (мониторинг вводов)
- TAPGUARD® (мониторинг РПН)

SITRAM мониторинг состояния (SITRAM CM):

SITRAM Condition Monitor является модульной и индивидуальной системой, которая интегрирует информацию от отдельных датчиков и SITRAM Guard's для каждого трансформатора в отдельности и может предоставить информацию о состоянии всех ключевых компонентов. Локальное хранение данных и модуль интерфейса связи позволяют пользователю получить доступ к информации удаленно.

SITRAM интегрированный мониторинг состояния системы (SITRAM iCMS):

Это решение мониторинга типа «модуль знаний» (Knowledge module) всех трансформаторов на магистральных и распределительных подстанциях, электростанциях или в крупных отраслях промышленности, системах защит и управления существующего или нового поколения. Кроме того, это решение способно интегрировать записанные данные всего трансформаторного парка энергосистемы в «сверхсогласованную» систему. Это решение основано на модульной аппаратной архитектуре SITRAM CM.

В дополнение к оборудованию мониторинга и программного обеспечения Siemens TLM эксперты по трансформаторам для решений ухода за ненадежными трансформаторами, анализа и интерпретации записанных данных мониторинга.

Консультации специалистов и обучение

- Инженерная служба
- Советы и рекомендации
- Обучающие семинары
- Специализированные семинары

Набор решений Siemens TLM объединяет широкий спектр услуг, которые призваны значительно увеличить срок службы работающих трансформаторов. Для Siemens предпочтительным подходом является интеграция всех трансформаторов - любого возраста и любого бренда - в план, который разрабатывается для клиентов, чтобы они могли принять оптимальное решение о замене/модернизации и любыми связанными с этим вопросами. Siemens TLM также предлагает ряд стандартных курсов обучения для заказчиков. Эти программы специально разработаны для расширения осведомленности потребителей о различных концепциях и вариантов дизайна. Управление жизненым циклом - это, конечно, неотъемлемая часть обучения.

Поддержка и продление жизненного цикла

- Профилактическое и корректирующее обслуживание
- Сушка активных частей и дегазация на объекте
- Регенерация масла
- Продление ресурса изделий
- Управление при окончании срока службы

Мы вернем ваши трансформаторы в отличную форму - без перерывов в работе. Наши услуги ТLМ для продления срока службы сводит к минимуму неизбежные, незаметные и постоянные процессы старения, которые происходят внутри трансформаторов. Международная признанная технология для продления срока службы - это модернизация системы охлаждения.

SITRAM DRY (puc. 5.11-4)

SITRAM® DRY - это современная технология для профилактической и постоянной оперативной сушки трансформатора. Система удаляет влагу из изоляционного масла через влагопоглотители, и влага, таким образом, проникает из мокрой бумажной изоляции в высушенное изоляционное масло. При поддержке такого процесса равновесия влага аккуратно удаляется из плотной изоляции, что увеличивает диэлектрическую прочность изоляционного масла.

- Постоянное удаление влаги из плотной изоляции и масла
- Метод основан на технологии «молекулярного сита»
- Легко установить на любой действующий трансформатор
- Контроль температуры и влажности
- Замена катриджа и регенерационное обслуживание
- Версия для шкафа (NEMA4)
- Новая: SITRAM® DRY Smart, мобильное решение для распределительных трансформаторов в скором времени будет доступно

Опыт функции SITRAM® DRY в звуке и видении: www.siemens.de/energy/sitram-dry-video

SITRAM REG

Siemens разработал SITRAM® REG технологию для очистки загрязненного масла и восстановления его диэлектрических свойств. SITRAM® REG модифицированный восстановительный процесс на базе стандарта МЭК 60422. Масло циркулирует непрерывно через коллонны регенерации.



Рис. 5.11-4: Шкафное исполнение SITRAM DRY, оснащенного модулем управления

- Замена масла не требуется
- Улучшает качество изоляционного масла до нового масла
- Продление срока службы и повышение надежности старых трансформаторов
- Профилактические меры против прогрессивного процесса старения изоляции
- Устойчивое улучшение состояния изоляции
- Подходит для всех силовых трансформаторов
- Экономически независима от текущей цены нефти
- Никаких перерывов в обслуживании
- Отличный и продолжительный эффект очистки

SITRAM COOL

SITRAM COOL - это дополнительная модернизация, которая включает аппаратное и программное обеспечение для автоматического, оптимизированного управления охлаждающей системой:

- Увеличение общего КПД трансформатора
- Сокращение вспомогательных потерь
- Снижение уровня шума
- Снижение затрат на техническое обслуживание
- Если требуется, и, если это применимо -> обновление

5.10 Тяговые трансформаторы

Запчасти и аксессуары

Поставка запасных частей и ремонт - это еще одна сильная сторона Siemens TLM. По запросу Siemens может консультировать клиентов о том, какие аксессуары будут наилучшим образом соответствовать их потребностям. Например, это газовые реле различных размеров, датчики температуры, индикатор потока масла и индикатор уровня масла. Для того, чтобы обеспечить лучшее решение, Siemens TLM будет проверять альтернативные продукты и стремиться внести технические улучшения, используя самые современные технологии, что особенно важно при недоступности оригинальных запасных частей.

Siemens TLM™ предлагает вам запасные части (рис. 5.11-5):

- Применяются строгие требования по обеспечению качества, чтобы убедиться, что запасные части изготавливаются в соответствии со спецификациями Siemens
- Постоянное совершенствование технологий и материалов
- Планирование отключения электричества и поддержка, выполняются с помощью программы запасных частей
- Сервис запасных частей для всех трансформаторов в линейке Siemens (SIEMENS, TU, VA TECH, Ferranti-Packard, PEEPLES)

Ремонт и модернизация

Можем ли мы сделать ваш трансформатор таким же хорошим как новый? Мы можем очень ответственно подойти к вопросу о том, как правильно улучшить ваши старые трансформаторы с привлечением нового отдела современных технологий SIEMENS. Изюминка ТЬМ™ - это ремонт, капитальный ремонт и модернизация силовых трансформаторов. Ремонтные работы выполняются в одном из наших специализированных центров по всему миру, но также эти работы можно выполнить на месте с помощью наших мобильных мастерских, которые приедут на ваш объект. Кроме того, мы можем реконструировать или модернизировать трансформаторы различными способами.

Если ваш трансформатор вышел из строя или вы планируете своевременное корректирующее обслуживание, наша команда специалистов TLM^TM доступна и для краткосрочного ремонта.

С помощью специальных ремонтных средств в нашем техническом центре в Нюрнберге (Германия) и других странах по всему миру, компания Siemens создает профессиональные условия, чтобы «вернуть в форму» ваш трансформатор. Даже самые тяжелые трансформаторы в мире можно легко транспортировать, проверить и отремонтировать.

Ремонтная база справится со всеми проблемами, возникающими в течение срока службы трансформатора, включая установку новых РПН и переключателей отпаек, повышение производительности, а также полную замену обмоток. Кроме того, все компоненты могут быть отремонтированы и модернизированы с применением новейших материалов по мере необходимости. От конструкции и до самых современных методов намотки обмоток до окончательного контроля и испытаний - все производственные процессы на наших известных трансформаторных заводах постоянно совершенствуются. Эти улучшения поддерживаются техническим обслуживанием и ремонтом трансформатора (рис. 5.11-6).

Транспортировка, установка и ввод в эксплуатацию

У технических специалистов и инженеров SIEMENS, работающих над проектами, включающими установку новых трансформаторов или изменение расположения старых трансформаторов, есть многолетний опыт. Они являются экспертами в разборке и подготовке для транспортировки, хранения и обработки хрупких деталей. Сборка это каждодневная работа этих экспертов компании, a Siemens предлагает клиентам свой исчерпывающий опыт для комплексных решений, так что стоимость их оборудования остается на своем пике в течение длительного времени.



Рис. 5.11-5: Максимизировать наличие запасных частей на каждый трансформатор в рамках программы TLM™



Рис. 5.11-6: Цех ремонта в Нюрнберге, Германия

Для получения дополнительной информации, пожалуйста, свяжитесь с вашим местным представителем Siemens или свяжитесь с представителем по продажам:

Телефон Центра: +49 (180) 524 7000 Факс: +49 (180) 524 2471 E-mail: tlm@siemens.com www.siemens.com/energy/TLM





	6.1	Введение	256
ĺ	6.2	Системы релейной защиты	257
	6.2.1	Введение	257
	6.2.2	Устройства защиты серии SIPROTEC или Reyrolle	258
	6.2.3	Системы релейной защиты. ПО DIGSI 4, Конфигурат МЭК61850 и SIGRA 4 для работы с устройствами	
	624	защиты	284
	6.2.4	Типовые схемы защит	290
	6.2.5	Согласование защит	312 324
		Руководство по вы бору реле	
	6.3	Автоматизация подстанции	336
	6.3.1	Введение	336
	6.3.2	Обзор и решения	336
	6.3.3	SICAM PAS	342
	6.3.4	SICAM Station Unit (Станционное устройство)	350
	6.3.5	Примеры конфигурации	352
	6.3.6	SICAM AK, TM, BC, EMIC и MIC	354
	6.3.7	SICAM EMIC - один из продуктов зарекомендовавшего себя семейства SICAM	370
	6.4	Качество электроэнергии и измерения	372
	6.4.1	Введение	372
	6.4.2	Счетчики энергии SICAM P	378
	6.4.3	Преобразователь цифровых измерений SICAM T	380
	6.4.4	Мониторинг и анализ качества напряжения с SICAM Q80	382
	6.4.5	SIPROTEC 7KE85 - Цифровой регистратор повреждений с встроенным измерением параметров Качества Энергии (КЭ)* и измерением векторных величин (РМU)	384
	6.4.6	SIGUARD PDP – Процессор обработки	J04
	0.4.0	векторных данных (синхрофазоров)	392
	6.5	Защита и коммуникация подстанций	394
	6.5.1	Обзор МЭК 61850	394
	6.5.2	Основные коммуникационные структуры для систем автоматизации подстанций и защит	394
	6.5.3	Разнообразные коммуникационные опции SIPROTEC 5	398
	6.5.4	Протоколы резервирования сети	402
	6.5.5	Связь между подстанциями с использованием интерфейсов данных средств защиты	405
	6.5.6	Требования для удаленной передачи данных	407

6.1 Введение

Требования к автоматизации электрических подстанций постоянно ужесточаются, что ведет к усложнению системы и появлению новых интерфейсов приема/передачи данных. Высокая надежность и безотказность работы как всей системы, так и ее отдельных элементов являются одним из основных требований системного оператора в области автоматизации энергетики.

Продукция и решения компании Siemens для автоматизации энергетики полностью удовлетворяют данному требованию. Системный и комплексный подход ко всем составляющим цепочки автоматизации, позволяет системному оператору получать все данные, касающиеся функционирования энергообъекта, начиная от стадии проектирования и заканчивая работой и эксплуатацией.

Продукция и решения по автоматизации энергетики основываются на трех основных принципах, гарантирующих безотказную работу:

- Высокая надежность и безопасность в области информационных технологий, обеспечивающаяся использованием высококлассного программного обеспечения и грамотной конфигурацией сети.
- Неограниченные возможности приема/передачи информации за счет соответствия международным стандартам и возможности функционального расширения системы.
- Квалифицированный инженерный подход ко всем компо-

нентам системы, начиная от полевых устройств и заканчивая диспетчерскими центрами.

Решения по автоматизации в области электроэнергетики от компании Siemens являются простыми, надежными и не требуют значительных денежных вложений со стороны заказчика. Компания Siemens предлагает решения по автоматизации, которые будут развиваться в соответствии с требованиями рынка, оставаясь при этом удобными в управлении. Таким образом, данные решения от компании Siemens являются эталоном простоты реализации и эффективности использования. За все время было поставлено более 200000 устройств с поддержкой протокола МЭК 61850.

В системах автоматизации энергетических объектов от компании Siemens используется единая и универсальная технология, которая охватывает всю линейку вторичного оборудования. Результатом этого является единство конструкции, интерфейсов связи и единый принцип управления у всех устройств будь то устройства релейной защиты в генерации и сетях, измерительные и регистрирующие устройства, либо устройства для телемеханики или ACV.

Все устройства являются компактными и обеспечивают высокий уровень помехозащищенности; подходят также для непосредственного монтажа в распредустройствах.



Рис. 6.1-1: Продукция компании Siemens для автоматизации объектов электроэнергетики.

Весь спектр продукции от одного производителя Сектор энергетики компании Siemens поставляет устройства и системы лпя:

- Релейной защиты элементов энергетической системы (устройства серии SIPROTEC и Reyrolle).
- Управления и автоматизации подстанции (устройства серии SICAM).
- Дистанционного управления электрооборудованием (RTU).
- Измерения и регистрации значений электрических величин (устройства серии SIMEAS).

Данные устройства удовлетворяют всем предъявляемым требованиям к системам измерения, управления, автоматизации и защиты на подстанциях.

Также компания Siemens предоставляет следующие услуги:

- Консультирование.
- Планирование.
- Проектирование.
- Пуско-наладочные работы и сервисное обслуживание.

Т.к. компания Siemens предоставляет весь спектр услуг, то это позволяет сократить денежные и временные затраты на планирование, монтаж, ввод в эксплуатацию и обслуживание подстанции.

6.2 Системы релейной защиты

6.2.1 Введение

Компания Siemens является одним из мировых лидеров по поставкам устройств релейной защиты. Тысячи работающих реле производства компании Siemens обеспечивают превосходную работу систем передачи и распределения электрической энергии во всех классах напряжения, во всем мире и в любой климатической зоне. Многие годы компания Siemens оказывает существенное влияние на развитие систем релейной защиты:

- В 1976 году впервые было введено в эксплуатацию устройство релейной защиты на основе микрокомпьютера: 10 систем защиты на основе микрокомпьютера были поставлены для подстанций напряжением 110/20 кВ. Данные системы защиты продолжают успешно работать и в настоящее время.
- В 1985 году компания Siemens стала первым производителем, который начал предлагать весь спектр полностью цифровых устройств защиты со стандартизированными интерфейсами приема/передачи информации. В настоящее время компания Siemens предлагает весь спектр цифровых устройств защиты любого эксплуатирующегося на подстанции энергетического оборудования, а так же цифровые устройства защиты шин и электрических машин.

В главе 6.2.2 приводится описание различных серий устройств защиты производства компании Siemens.

В разделе 6.2.3 представлены типовые примеры использования устройств для защиты:

- Кабельных и воздушных линий.
- Трансформаторов.
- Двигателей и генераторов.
- Секций шин.

В главе 6.2.4 приведены примеры задания уставок и выбора измерительных трансформаторов для обеспечения селективной работы использующихся защит. В главе 6.2.5 приведен обзор доступных функций устройств защиты. Так же в данной главе приведено руководство по выбору устройств защиты для конкретного использования.



Опыт разработки устройств защиты для энергетических систем - более 100 лет

Устройства серии SIPROTEC хорошо известны на протяжении нескольких десятилетий на энергетическом рынке, как мощная и законченная серия цифровых реле защиты и контроллеров присоединений.

Устройства серии SIPROTEC производства компании Siemens могут использоваться для защиты оборудования любого класса напряжения. При использовании данных устройств диспетчеры надежно и безопасно контролируют работу всего энергетического оборудования, а также имеют базу для внедрения эффективные по цене и качеству решения для выполнения любых задач в современных «умных» энергосистемах. Пользователи могут совместно использовать устройства серии SIPROTEC различных поколений для решения разнообразных задач – т.к. серия SIPROTEC отвечает принципам преемственности и открытости.

Компания Siemens на протяжении 100 лет является законодателем в релейной защите и помогает системным операторам разрабатывать «интеллигентные», экологически безопасные, надежные и эффективные системы, а также экономично управлять ими. Как первопроходец, компания Siemens решающим образом повлияла на развитие цифровых устройств релейной защиты (рис. 6.2-4). Первые цифровые устройства защиты были введены в эксплуатацию в городе Вюртцбург, Германия в 1977 г. Совмещение функций защиты с функциями автоматики в одном устройстве серии SIPROTEC было выполнено в 90-х годах. После выхода в 2004г стандарта связи МЭК 61850, компания Siemens была первым производителем в мире, который внедрил поддержку этого стандарта (МЭК 61850) в свои устройства

Какую выгоду получают системные операторы из этого опыта, накопленного компанией Siemens?

- Опробованные решения.
- Простая интеграция в имеющуюся систему.
- Высочайшее качество аппаратного и программного обеспече-
- Дружественный интерфейс пользователя в устройствах защиты и системном программном обеспечении.
- Простой обмен данными.
- Непревзойденная согласованность между устройствами и системой АСУ в проекте.
- Простое управление.
- Компания Siemens это надежный международный партнер.

SIPROTEC - это синоним устройств защиты

Более 100 лет опыта в области разработки устройств релейной защиты и автоматики подстанции говорят сами за себя. Особо высокая оценка должна быть дана отдельным историческим вехам в истории создания устройств защиты данной серии. Даже самые первые устройства серии SIPROTEC уже имели функциональные преимущества перед конкурентами. Взгляните, каком постоянное стремление к технологическому совершенствованию и использование лучших специалистов позволяет продолжать и продолжать историю успеха.

Некоторые этапы в истории создания устройств серии SIPROTEC отличались не только технологиче скими прорывами, но и носили фундаментальный характер. В данное время в эксплуатации находится более миллиона устройств серии SIPROTEC, поэтому компания Siemens является безоговорочным лиде ром в цифровой релейной защите







1902

Schuckert & Co. (1887): Измерительное устройство постоянного тока на основе принципа Георга Хаммела

1925

Первое реле максимального тока типа RA1 и реле с выдержкой времени 1940

Презентация нового реле максимального тока типа RA5

1970

Презентация аналоговых электронных реле

Ввод в эксплуатацию первых цифровых устройств защиты в г. Вюртцбург,

1980s

Начало эры цифровых устройств р ной зашиты

1985

Презентация цифровых реле с интегрированными функциями SINAUT LSA

1998

Презентация микропроцессорных устройств серии SIPROTEC 4



Продукция многолетнего английского производителя Reyrolle по достоинству оценена во многих странах. С выходом новых цифровых устройств от Reyrolle, как части компании Siemens, становится понятно, что идет непрерывное совершенствование на благо пользователя. Компания Reyrolle широко известна как производитель и поставщик устройств релейной защиты в Великобритании и странах Содруже-

Рис. 6.2-3: Устройства защиты компании Siemens.



Ввод в эксплуатацию подстанции в городе Винцнау, Швейцария с релейной защитой, поддерживающей протокол МЭК61850

Представлены устройства серии SIPROTEC Compact

Презентация микропроцессорных устройств серии SIPROTEC 5

Рис. 6.2-4: Устройства серии SIPROTEC – всегда первые

6.2 Системы релейной защиты

Устройства серии SIPROTEC эконом

Цифровые устройства максимальной токовой защиты (МТЗ) серии SIPROTEC эконом, питающиеся от цепей ТТ или источников оперативного тока, можно использовать для защиты линий или в качестве резервной защиты силового трансформатора в сетях с односторонним питанием. В этих устройствах могут использоваться МТЗ как с независимой, так и с зависимой выдержкой времени в соответствии со стандартами МЭК и ANSI. Простой способ задания уставок с помощью DIP-переключателей не требует специальных навыков или ПК.

- Двухступенчатая МТЗ.
- Экономия в потреблении по цепям оперативного тока благодаря встроенному питанию от цепей TT.
- Возможность использования совместно с трансформаторами тока, имеющими небольшой коэффициент трансформации.
- Действие на отключение как с помощью импульсного выхода (DC 24 B / 0.1 Bт*c), так и с помощью обычного выходного реле.
- Простая настройка с помощью расположенных на лицевой панели устройства DIP-переключателей.
- Удобный монтаж на DIN-рейку.

Устройства серии SIPROTEC Компакт (600-я серия)

Цифровые устройства серии SIPROTEC Компакт (600-я серия) - это компактные цифровые устройства защиты, предназначенные для защиты сетей среднего напряжения или применения в схемах электроснабжения промышленных предприятий. Доступны следующие виды защиты: МТЗ, дифференциальная защита линий, защита от замыканий на землю, реагирующая на переходной процесс и защита сборных шин.

- Экономия места за счет компактной конструкции цифрового
- Надежное подключение за счет примения прочных и мощных клеммных зажимов.
- Простая работа с осциллограммами за счет возможности ис пользования ПО SIGRA 4.
- Наличие интерфейса связи.
- Работа с ПО DIGSI 4.
- Различные типы устройств (направленные и ненаправленные защиты).



Рис. 6.2-5: Устройства серии SIPROTEC эконом.



Рис. 6.2-6: Устройство серии SIPROTEC Компакт (600-я серия).

6.2 Системы релейной защиты

Устройства серии Reyrolle – альтернативное решение для защиты распределительной сети

Устройства от компании Reyrolle — это проверенное временем решение для защиты энергетического оборудования. Исторически защитные реле компании Reyrolle в оновном поставлялись для внутреннего рынка Великобритании, однако теперь они доступны потребителям по всему миру.

С момента своего основания компания Reyrolle отличается глубокой ориентированностью на потребности рынка и конкретного потребителя. Такие широко известные продукты как "Solkor" и "Argus" являются подтверждением этому. Более того: многие устройства от Reyrolle признанно являются технологическими лидерами.

Линейка продуктов от Reyrolle включает все возможные типы защиты для оборудования распределительной сети — начиная от простых реле максимального тока и закачивания сложными устройствами защиты. Компания Reyrolle является производителем таких широко известных устройств защиты как "Argus", "Duobias", "Solkor", "MicroTAPP" и т.д.

Компания Reyrolle так же предлагает хорошо себя зарекомендовавшие высокотехнологичные устройства защиты: "Argus-MT3", "Solkor-Д3Л" и "Rho –защита двигателя" для защиты сетей промышленных предприятий.

Основываясь на многолетнем накопленном опыте, компания предлагает современные цифровые устройства защиты, удовлетворяющие всем требованиям системных операторов. Все возрастающие объемы продажи данных устройств обеспечиваются следующими преимуществами:

- Простота использования как основной принцип устройства просты в работе и обладают гибкими настройками.
- Универсальность последнее поколение цифровых реле обладает возможностью выбора номинального тока аналоговых токовых входов 1А/5А, а некоторые модели имеют универсальные блоки питания.
- Единые принципы управления устройствами различных версий и модификаций. Например, все устройства обладают схожим принципом конфигурирования и задания уставок.
- С помощью поставляемого ПО Reydisp Evolution осуществляется как настройка устройства, так и обработка осциллограмм аварий и получение другой информации. Данное ПО совместимо со всеми предыдущими цифровыми устройствами защиты от компании Reyrolle.



Рис. 6.2-7: Вид спереди устройства типа Argus 7SR210

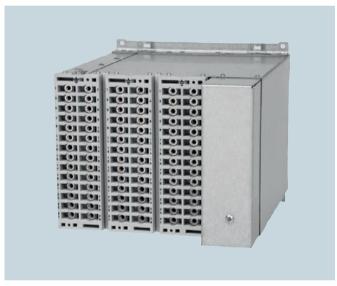


Рис. 6.2-8: Вид сзади устройства типа Argus 7SR210

6.2 Системы релейной защиты

Устройства серии SIPROTEC Компакт (800-я серия)

Великолепная защита, малые габаритные размеры и гибкие защитные функции для использования в местах с ограниченным местом для монтажа. Устройства серии SIPROTEC Компакт помещены в корпус размером 1/6 x 19"» и обладают большим набором функций. Данные устройства могут использоваться в качестве основной защиты для сетей среднего напряжения или в качестве резервной защиты для сетей высокого напряжения.

Устройства данной серии используются для защиты фидеров, двигателей или линий. Более того, данные устройства могут осуществлять следующие функции: деление системы, АЧР, ЧАПВ и защиты по напряжению и частоте.

Серия SIPROTEC Компакт разработана на основе опыта, накопленного при эксплуатации устройств SIPROTEC 4; получила дальнейшее развитие в более компактном корпусе, также в данных устройствах учтены многие пожелания пользователей. Этим и обеспечивается максимальная надежность в сочетании с непревзойденной функциональностью и гибкостью настроек.

- Легкость установки за счет применения клеммных блоков с встроенными вторичными преобразователями TT и TH.
- Настраиваемые с помощью ПО пороги срабатывания дискретных входов (3 ступени гарантируют надежность приема входных сигналов).
- Переключение номинального тока токовых входов устройства (1 A/5 A) в ПО DIGSI 4.
- Быстрое управление при помощи 9 свободно программируемых функциональных клавиш.
- Понятное отображение информации на шестистрочном дис-
- Простое обслуживание за счет наличия на лицевой панели отсека для быстрой замены буферной батареи.
- Использование стандартных USB-кабелей, подключаемых к распложенному на лицевой панели устройства порту.
- Интеграция в локальную сеть за счет наличия 2-х дополнительных интерфейсов связи.
- Высокий коэффициент готовности за счет наличия резервирования (электрического или оптического) при обмене информацией по протоколу МЭК 61850.
- Сокращение кабельных связей между устройствами за счет возможности приема/передачи сигналов по Ethernet (M9K 61850 GOOSE).
- Синхронизация времени (вплоть до миллисекунд) по SNTP-протоколу через сеть Ethernet для более точного анализа осциллограмм повреждений.
- Возможность расширения числа и функциональности защитных функций за счет применения так называемых "гибких защитных функций".
- Удобное конфигурирование и анализ при помощи ПО DIGSI 4.



Рис. 6.2-9: Устройства серии SIPROTEC Компакт (800-я серия).



Рис. 6.2-10: Устройства серии SIPROTEC Компакт – вид сзади.



Рис. 6.2-11: **Реле защиты фиде**ра типа 7SC80.

Устройства серии SIPROTEC Компакт – функциональные возможности

Устройства защиты в распределительных сетях должны выпол нять большой круг задач, при этом оставаясь простыми в настройке и с минимальными затратами времени. Например:

- Защита различного энергетического оборудования, к примеру, воздушных и кабельных линий, двигателей и систем шин.
- Деление и изолирование частей энергетической системы.
- АЧР и ЧАПВ.
- Защита по напряжению и частоте.
- Местное или дистанционное управление силовыми выключателями.
- Сбор и регистрация (запись) измеряемых величин и событий.
- Обмен данными с соседними устройствами или диспетчерским центром.

Рис. 6.2-12 демонстрирует возможные варианты использования устройств серии SIPROTEC Компакт.

Управление

Во время создания устройств серии SIPROTEC Компакт особое внимание уделялось не только наличию в данных устройствах разнообразного набора защитных функций, но и возможности простого и интуитивного их использования обслуживающим персоналом. Свободно назначаемые светодиодные индикаторы наличие шестистрочного дисплея гарантируют четкое отображение всей необходимой информации.

Возможность применения до 9 функциональных клавиш и 2-х клавиш управления облегчает работу с устройством в любой ситуации. Все это обеспечивает надежность функционирования даже в условиях возникновения аварийных ситуаций и позволяет сократить время, затрачиваемое на обучение персонала.

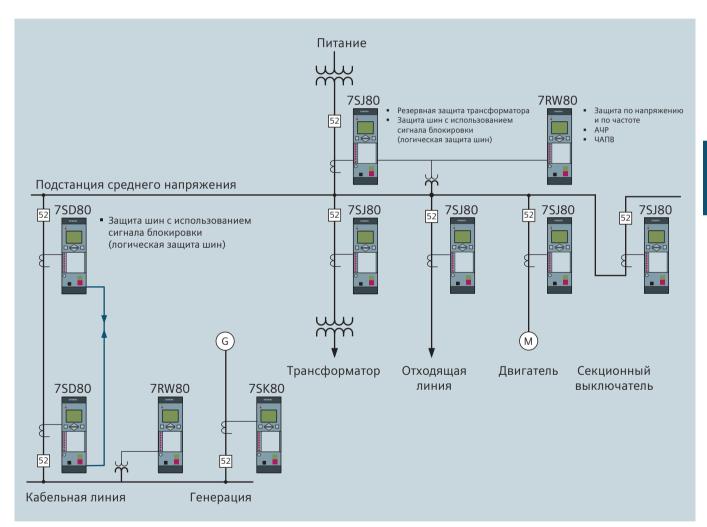


Рис. 6.2-12: Варианты использования устройств серии SIPROTEC Компакт в сетях среднего напряжения.

6.2 Системы релейной защиты

Устройство автоматизации и защиты фидера типа 75С80 предназначено как для децентрализованного, так и для централизованного использования. Это устройство позволяет выполнять задачи по быстродействующему выявлению места повреждения, его изоляции и восстановления питания остальной части сети (система FLISR). Для этого необходимо обнаружить повреждение, отключить поврежденный участок, определить его местоположение и автоматически восстановить электроснабжение неповрежденных частей распределительной сети.

Погика АВР

Обнаружение и локализация поврежденного источника питания, а затем восстановление питания обесточенной секции при помощи ABP.

Выравнивание нагрузки

Распределение нагрузки отходящего фидера путем выбора точки деления (места секционирования фидера нормально разомкнутым контактом) вдоль последовательно включенных участков.

Восстановление

Восстановление питания фидера по нормальной схеме.

Рис. 6.2-13 типовой пример кольцевой питающей сети с воздушными линиями и пятью секциями.

Защита и автоматика каждой секции осуществляется устройством типа 7SC80

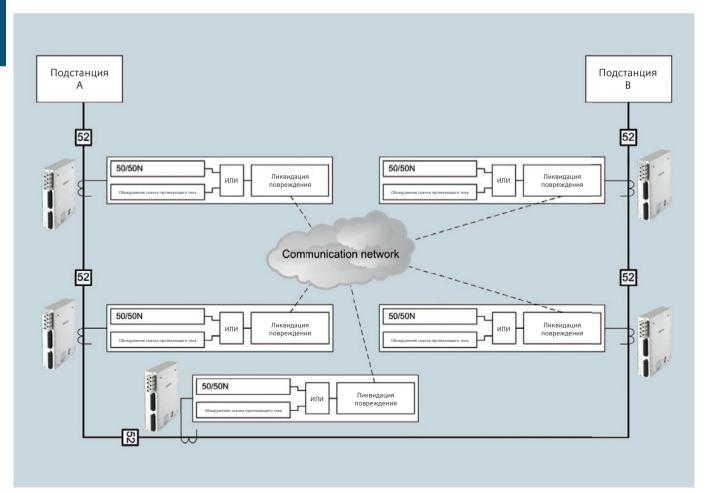
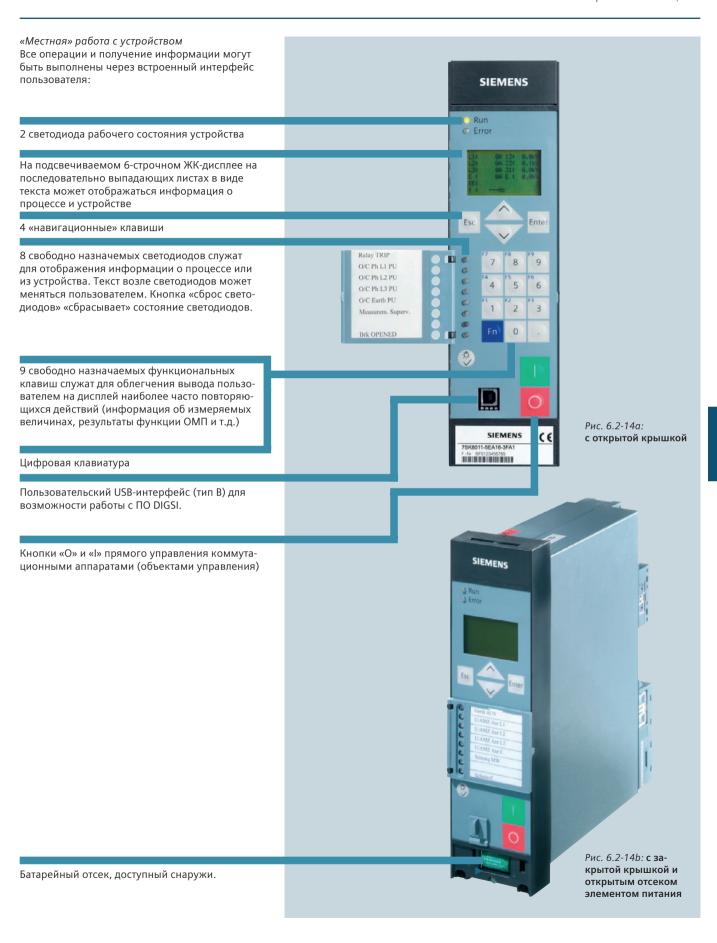


Рис. 6.2-13: Пример использования контроллера присоединения типа 75С80.



6.2 Системы релейной защиты

Конструкция и аппаратные средства

Технология подключения и вид корпуса имеют много преиму-

За счет своих габаритных размеров (1/6 от 19") данное реле хорошо подходит для замены устройств предыдущих модификаций. Высота устройства составляет 244 мм (9.61").

Удобно отсоединяемые(втычные) токовые клеммы и клеммы напряжения (с встроенными в клеммы вторичные ТТ и ТН) позволяют производить предварительное подключение устройства и его замену в случае неисправности. «Закорачивание» вторичных обмоток трансформатора тока осуществляется внутри этих съемных клемм. Таким образом, размыкание вторичной обмотки трансформатора тока становится невозможным.

Все дискретные входы устройства являются независимыми, а пороги их срабатывания устанавливаются с помощью поставляемого ПО (доступно 3 напряжения срабатывания). Новой функцией поставляемого ПО является выбор номинального тока (1 А / 5 А) токовых входов устройства. До 9 свободно программируемых клавиш могут быть настроены на быстрый доступ к отдельным пунктам меню или на выполнение выбранных команды и т.д. Назначение функциональных клавиш может отображаться на экране устройстве.

Если на отходящем присоединении отсутствуют традиционные трансформаторы напряжения, то фазные напряжения можно измерить напрямую при помощи конденсаторов отбора, расположенных в распредустройствах среднего напряжения. В этом случае становится возможно использовать направленную максимальную токовую защиту, направленную токовую защиту нулевой последовательности (ANSI 67N), защиту минимального/ максимального напряжения (ANSI 27/59) и защиту по частоте (ANSI 81). С устройством максимальной токовой защиты типа 7SJ81 можно подключаться к так называемым «маломощным» трансформаторам тока.

Токовые клеммы - кольцевые кабельные наконечники			
Подключение	Wмакс = 9,5 мм		
Кольцо кабельного наконечника	d1 = 5,0 mm		
Сечение проводника	2,0 – 5,2 мм² (AWG 14 - 10)		
Токовые клеммы – отдельные проводники			
Сечение проводника	2,0 – 5,2 мм² (AWG 14 - 10)		
Гильза под провод и изолирован- ная часть гильзы	L = 10 мм (0,39 дюйма) или L = 12 мм (0,47 дюйма)		
Длина зачищенного участка (при использовании без гильзы-оконцевателя)	15 мм (0,59 дюйма) Возможно применение только од- ножильного медного проводника.		
Клеммы напряжения – отдельные проводники			
Сечение проводника	0,5 – 2,0 мм² (AWG 14 - 14)		
Гильза под провод и изолирован- ная часть гильзы	L = 10 мм (0,39 дюйма) или L = 12 мм (0,47 дюйма)		
Длина зачищенного участка (при использовании без гильзы-оконцевателя)	12 мм (0,47 дюйма) Возможно применение только од- ножильного медного проводника.		

Табл. 6.2-1: Подключение цепей тока и напряжения к устройству (характеристики)



^{*} RU = единица измерения высоты

6.2 Системы релейной защиты

Функции управления и автоматики

Управление

Помимо функций защиты, устройства серии SIPROTEC Компакт включают в себя все необходимые для сетей среднего и высокого напряжения функции управления, автоматики и мониторинга. Информация о состоянии первичного оборудования может быть передана в устройства посредством соответствующих блок-контактов, подключенных к дискретным входам устройства. Таким образом, возможно контролировать и отображать на экране устройства как включенное и отключенное и положения выключателя, так и неисправность или промежуточное положение выключателя или его блок-контактов.

Управление коммутационнымо оборудованием распредустройства или выключателя осуществляется с помощью:

- Встроенной панели управления.
- Дискретных входов устройства.
- Системы контроля, защиты и управления подстанции.
- Через ПО DIGSI 4.

Автоматика / определяемая пользователем логика

Пользователь при помощи встроенного редактора логических схем (СFС-логика) может задать необходимую логику работы функций автоматики. Работа данных функций активируется при нажатии соответствующих функциональных клавиш, при поступлении сигнала на соответствующий дискретный вход или через интерфейс связи.

Режим управления

Режим управления определяется настройками устройства или через интерфейс связи. Если выбран "МЕСТНЫЙ" режим управления, то коммутационные операции могут быть произведены только по месту. Доступны следующие последовательности режима управления: "МЕСТНОЕ"; ПО DIGSI, "ДИСТАНЦИОННОЕ". Таким образом, отпадает необходимость в использовании ключа выбора режима управления, кабели от которого идут на соленоиды управления силового выключателя и на само реле. Выбор режима управления может осуществляться при нажатии на соответствующую функциональную клавишу, расположенную на лицевой панели устройства.

Обработка команд

Устройство легко интегрируется в систему SCADA или систему управления. Используются стандартные инструменты защиты передаваемых данных и доступны все функции по обработке поступающих команд. Данные функции включают в себя: обработка одиночных или двойных команд с наличием или отсутствием обратной связи, сложные алгоритмы контроля аппаратного и программного обеспечения, проверка состояния внешней обработки данных, управляющие воздействия с использованием функций, например, контроль времени выполнения команды и автоматическое прекращение ее выдачи. Ниже приведено несколько типовых вариантов использования:

- Одиночные или двойные команды, используя 1, 1 плюс 1 общий или 2 выходных контакта, действующих на отключение.
- Определяемая пользователем логика блокировки.
- Последовательность действий, объединяющая несколько операций по переключению, например, управление выключателем, разъединителем и заземляющим ножом.
- Пуск коммутационных операций, индикация или выдача аварийного сигнала с учетом анализа существующей информации.

Анализ положения блок-контактов

Положение выключателя или другого коммутационного аппарата, а так же положение РПН трансформатора контролируется с помощью организации обратной связи от блок-контактов на соответствующие дискретные входы устройства. Информация от дискретных входов устройства логически связана с соответствующими командными. Поэтому устройство способно различать по какой причине произошло изменение положения коммутационно-

го аппарата: в результате управляемого переключения или это нежелательное спонтанное изменение состояния.

Блокировка от дребезга контактов

Функция определения дребезга контактов подсчитывает число изменений состояния дискретного входа за заданный промежуток времени и сравнивает данное число с установленным значением. Если число изменений превышает заданную величину, то на определенный период времени происходит блокировка дискретного входа, а его ложные срабатывания не отражаются в списке событий.

Отстройка от ложного срабатывания входа

Срабатывание дискретного входа может подвергаться проверке или быть задержано. Фильтрация предназначена для подавления кратковременного изменения подводимого к дискретным входам напряжения. Срабатывание дискретного входа произойдет, только если подаваемое на него напряжение будет оставаться неизменным заданный промежуток времени. Присутствует возможность установки задержки срабатывания дискретного входа на заданный промежуток времени. В этом случае срабатывание произойдет, только если по истечении заданного времени фильтрации на входе все еще будет присутствовать необходимое для этого напряжение.

Фильтрация сообщений

Пользователь самостоятельно может определять необходимый объем информации (сообщений) для передачи на вышестоящий уровень. Возможность группировки сообщений позволяет уменьшить объем передаваемой на верхний уровень или в систему SCADA информации.

Связь

Устройства отвечают всем принятым в промышленности и энергетике стандартам связи. Концепция возможности свободной замены модулей приема/передачи информации обеспечивают простое приспособление к новым стандартам и интерфейсам, например, при объединении в будущем всех устройствах в единую локальновычислительную Ethernet-сеть.

Интерфейс USB

На передней панели всех устройств имеется USB-порт. Настройка устройства может быть осуществлена с помощью ПК с установленным ПО DIGSI. Инструменты для пуско-наладки и анализа осциллограмм входят в состав ПО DIGSI 4 и используются через этот порт.

Интерфейсы

Необходимые модули связи могут быть физически встроены в нижнюю часть корпуса устройства. Данные модули просты в установке и для их замены не требуется специальной подготовки. Интерфейсные модули поддерживают следующие применения:

- Системный/сервисный интерфейс.
 Обмен данными с системой управления осуществляется через данный интерфейс. В зависимости от выбранного интерфейса может быть принята радиальная или кольцевая топология сети.
 С помощью этого интерфейса можно осуществлять обмен данными между устройствами по Ethernet и протоколу МЭК 61850, а также получать доступ к данным устройствам с помощью ПО DIGSI. Как вариант, доступно подключение к системному/сервисному интерфейсу 2-х внешних устройств контроля температуры с 12-ю измерительными датчиками.
- Интерфейс Ethernet.
 - Интерфейс Ethernet используется для быстрого доступа к нескольким устройствам защиты с помощью ПО DIGSI. При использовании устройства защиты двигателей типа 7SK80 существует возможность подключения к интерфейсу Ethernet 2-х внешних устройств контроля температуры с 12-ю измерительными датчиками. Для устройства дифференциальной защиты линии оптический интерфейс располагается на месте данного модуля.

6.2 Системы релейной защиты

Протоколы системного интерфейса (заменяемые):

• МЭК 61850

Протокол МЭК 61850 основывается на Ethernet и является мировым стандартом для устройств защиты и систем управления в энергетическом секторе. С помощью данного протокола возможен прямой обмен информацией (отсутствие ведущего устройства) между устройствами защиты фидеров, что облегчает организацию схем взаимоблокировки в распределительных устройствах. Доступ к устройствам может быть осуществлен с помощью ПО DIGSI через шину Ethernet.

• МЭК 60870-5-103

Протокол МЭК 60870-5-103 является международным стандартом передачи данных релейной защиты и записей данных о повреждениях. Вся информация от устройств, а так же команды управления могут быть переданы при помощи специально-разработанного и опубликованного компанией Siemens расширения для данного протокола. Опционально возможна установка резервного модуля МЭК 60870-5-103. Данный резервный модуль позволяет считывать и изменять отдельные параметры.

• Протокол PROFIBUS-DP

Протокол PROFIBUS-DP имеет широкое распространение в промышленной автоматизации. Использование протокола PROFIBUS-DP позволяет устройствам серии SIPROTEC передавать информацию в контроллеры SIMATIC или получать команды от центрального SIMATIC-контроллера и ПЛК. Измеренные значения так же могут быть переданы к ведущему ПЛК.

• Протокол MODBUS RTU

Данный простой, последовательный протокол в основном используется в промышленности и энергетике, и он поддерживается большим числом производителей устройств релейной защиты. Устройства серии SIPROTEC функционируют в качестве ведомых MODBUS-устройств, тем самым обеспечивается возможность приема/передачи информации от ведущего устройства. Доступен список событий с присвоенными временными метками.

Протокол DNP 3.0

В энергетике используется последовательный протокол DNP 3.0 (Distributed Network Protocol) для уровней станции и управления сетью. Устройства серии SIPROTEC функционируют в качестве ведомых DNP-устройств, тем самым обеспечивается возможность приема/передачи информации от ведущего устройства.

Системные решения

<u>МЭК 60870</u>

Устройства с интерфейсом МЭК 60870-5-103 могут быть включены в SICAM параллельно при помощи шины RS485 или радиально через оптоволокно. Через данный интерфейс в систему могут быть включены устройства других производителей.

За счет использования стандартизированных интерфейсов, устройства серии SIPROTEC могут быть интегрированы как в систему от другого производителя, так и в систему SIMATIC. Доступны как электрические интерфейсы RS485, так и оптические интерфейсы. Оптоэлектронные преобразователи позволяют выбрать оптимальную среду для приема/передачи данных. Так, внутренние связи между устройствами в шкафах можно организовать по шине RS485, а помехоустойчивое оптическое подключение к ведущему устройству можно организовать по оптике, что приведет к существенной экономии денежных затрат.

МЭК 61850

Для устройств, поддерживающих МЭК 61850, доступно простое решение по их интеграции в систему SICAM. Подключение данных устройств к станционному ПК с системой SICAM осуществляется по 100 Мбит/с Ethernet-шине. Данный интерфейс является стандартизированным, поэтому возможно прямое подключение устройств других производителей по Ethernet-шине.

С помощью МЭК 61850 устройства компании Siemens могут быть включены в систему от другого производителя.

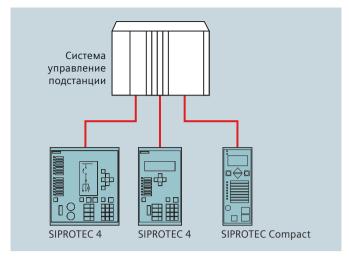


Рис. 6.2-21: МЭК 60870-5-103 Радиальное оптоволоконное подключение с системе управления ПС

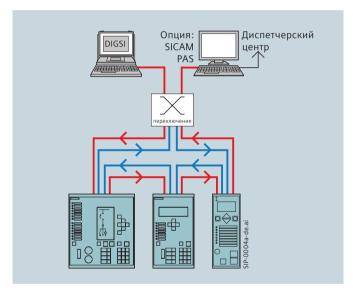


Рис. 6.2-22: Шинная стуктура станционной шины с Ethernet MЭК61850, кольцевое оптоволоконное подключение с системе управления ПС



Рис. 6.2-23: Оптический коммуникационный модуль для МЭК 61850

6.2 Системы релейной защиты

Устройства серии SIPROTEC 4 – проверенные, надежные и соответствующие требованиям завтрашнего дня устройства зашиты

Количество использующихся на данный момент устройств серии SIPROTEC 4 превышает отметку в 1 миллион.

За счет идентичности системной платформы, уникального ПО DIGSI 4 и огромного накопленного опыта эксплуатации, устройства серии SIPROTEC 4 получили самую высокую оценку пользователей по всему миру. На сегодняшний день устройства серии SIPROTEC 4 считаются международным стандартом в области цифровой релейной защиты.

SIPROTEC 4 предлагает устройства защиты, подходящие для использования во всех областях энергетики: от производства и передачи электроэнергии до ее распределения, а также применения в промышленности.

Устройства серии SIPROTEC 4 это веха в развитии техники релейной защиты. Все устройства серии SIPROTEC 4 объединяют в себе функции защиты, управления, измерения и автоматики. Во многих случаях все необходимые функции могут быть выполнены одним отдельным устройством. Открытая и соответствующая требованиям завтрашнего дня концепция устройств серии SIPROTEC 4 обеспечивает поддержку всеми устройствами стандарта МЭК 61850.

- Проверенные временем функции защиты обеспечивают сохранность электрического оборудования и обеспечивают безопасность обслуживающего персонала.
- Удобное конфигурирование и анализ при помощи ПО DIGSI 4.
- Простая реализация функций автоматики в пользовательской логике с помощью встроенного СFC-редактора.
- Удобная работа с устройствами и ПО за счет ориентированного на пользователя исполнения.
- Наличие мощных коммуникационных компонентов позволяет реализовывать надежные и эффективные решения.
- Накопленный по всему миру опыт эксплуатации устройств серии SIPROTEC 4 и реализация проектов на основе стандарта МЭК 61850
- Гибкая адаптация к новым нормам и требованиям за счет возможности замены коммуникационных модулей и наличию пользовательской СРС-логики.



Рис. 6.2-24: Устройства серии SIPROTEC 4



Рис. 6.2-25: Устройства серии SIPROTEC 4, вид сзади



Рис. 6.2-26: Использование устройств серии SIPROTEC 4 на электрических станциях

6.2 Системы релейной защиты

Для обеспечения требований по резервированию функций защиты в каждом устройстве присутствуют только те функции, которые являются взаимозависимыми и непосредственно связанными друг с другом. Для организации резервной защиты необходимо дополнительно использовать одно или несколько устройств.

Все цифровые реле могут работать независимо друг от друга. Таким образом, традиционные принципы релейной защиты, предполагающие наличие основной и резервной защиты и независимость данных защит по оперативным и токовым цепям, остаются неизменными.

Принцип "один фидер, одно реле"

Принципиальные схемы аналоговой релейной защиты разрабатывались для отдельных реле, каждое из которых выполняло только свою отдельную функцию. Электрические соединения данных реле между собой и проверка работоспособности схемы производилась вручную.

Появившиеся возможности по коллективному использованию данных позволяют объединять несколько защитных и связанных с ними функций в одном отдельном цифровом реле. Таким образом, для организации защиты можно использовать всего несколько цифровых реле, которые совместно будут выполнять все необходимые функции. Это значительно снижает затраты на проектирование, сборку, электрические соединения, проверку и ввод в эксплуатацию систем релейной защиты. Это также уменьшает вероятность возникновения отказов в схеме.

Проектирование уже заключается не в создании структурных схем, а в определении и задании необходимых значений параметров. Мощная, определяемая пользователем логика устройств

серии SIPROTEC 4 позволяет гибко настроить работу релейной защиты, управления и измерения.

Измерения

Для многих случаев использования класс точности релейных обмоток трансформаторов тока является достаточным для измерения текущих рабочих значений. Дополнительные измерительные обмотки трансформатора тока требовались для защиты измерительных приборов при возникновении короткого замыкания. За счет низкой термической стойкости измерительных приборов они не могли подключаться на релейные обмотки трансформатора тока. Дополнительные измерительные обмотки трансформаторов тока и отдельные измерительные приборы в настоящее время требуются только в случаях, когда необходимо обеспечить высокую точность измерений, например, для коммерческого учета.

Корректирование вместо профилактического техобслуживания Цифровые реле защиты обладают встроенными функциями контроля исправности своего аппаратного и программного обеспечения. Исчерпывающие процедуры самоконтроля и выявления неисправности позволяют определять неисправность не только в самих устройствах цифровой защиты, но и в токовых цепях и цепях отключения.

Неисправности в цепях трансформаторов тока незамедлительно приводят к блокировке работы устройства защиты.

Таким образом, обслуживающий персонал теперь может устранить повреждение непосредственно после его возникновения, в результате чего значительно возрастает готовность к работе системы релейной защиты.

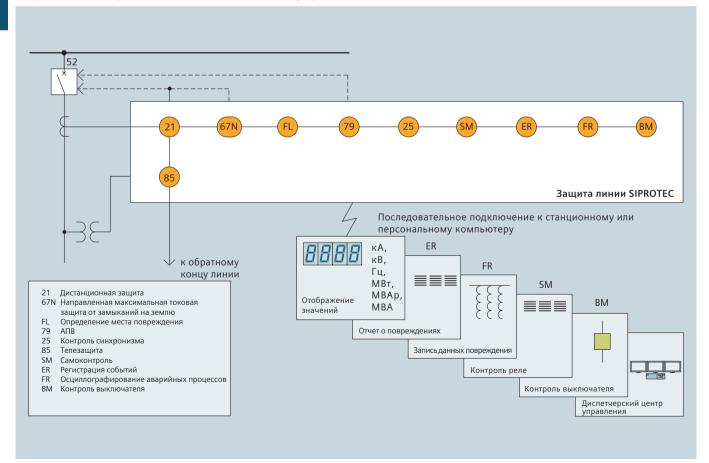


Рис. 6.2-27: Цифровые реле позволяют расширить объем доступной информации

6.2 Системы релейной защиты

Адаптивность релейной защиты

В настоящее время устройства цифровой релейной защиты обеспечивают надежную, удобную и всестороннюю адаптацию к изменяющимся режимам функционирования электрической сети. Адаптация может инициироваться как самим цифровым реле, так и по команде от других устройств. Современные цифровые реле обладают наборами параметров, правильность значений которых может быть предварительно проверена во время проведения пуско-наладочных работ. Один из наборов параметров является основным и применяется во время нормальной работы. Переключение на другой набор параметров осуществляется по факту наличия сигнала на определенном дискретном входе или по команде, поступающей по последовательному каналу передачи данных (рис. 6.2-28).

Ниже приведены некоторые случаи, для которых применение наборов параметров является целесообразным:

- Использование зависимого от напряжения срабатывания максимальной токовой защиты для предотвращения возможности уменьшения значения тока повреждения генератора ниже тока нагрузки в случае, когда автоматическое регулирование напряжения выведено.
- Для обеспечения быстрого срабатывания защиты при малых токах повреждения, например, автоматическое изменение набора параметров (уставок) при выводе в ремонт одного из трансформаторов.
- Защита от включения на повреждение. Для обеспечения быстродействия защиты при включении присоединения после его ремонта, переключение на основной набор параметров произойдет по истечении заданной выдержки времени.
- Логика АПВ. Для обеспечения мгновенной работы на первом цикле и работы с выдержкой времени после неуспешного включения.
- Для устранения проблем, возникающих при холодном пуске, связанных с протеканием в начальный момент больших токов, которые могут вызвать срабатывание защиты.
- При размыкании или включении "кольцевой сети".

Набор функций

Реле SIPROTEC содержат в себя большой набор защитных функций (см. раздел 6.2.6). Высокая вычислительная мощность современных цифровых устройств защиты позволяет им выполнять не только защитные, но и дополнительные функции.

Однозначного ответа на вопрос о том, стоит ли совмещать защитные и дополнительные функции в одном устройстве не существует. На подстанциях передающей сети разделение выполняемых функций между несколькими отдельными устройствами до сих пор остается предпочтительным, в то же время объединение функций в одном устройстве наблюдается в устройствах защиты, использующихся на распределительном уровне. Однако, совмещение функций защиты, контроля и управления в одном устройстве наблюдается все чаще (рис. 6.2-29).

Предлагаются цифровые реле как с набором только защитных функций, так и цифровые реле с совмещением защитных функций и функций управления. Устройства серии SIPROTEC 4 включают в себя функции защиты и функции управления. Реле серии SIPROTEC 4 поддерживают принцип "одно реле, один фидер", этим достигается значительное сокращение требуемого для монтажа места и длины кабельных связей.

Хорошо себя зарекомендовавшие устройства серии SIPROTEC 4 поддерживают как независимые, так и комплексные решения на основе отдельной программно-аппаратной платформы. Пользователь в широких пределах задавать конфигурацию функций управления и защиты, а также резервирование защитных функций (рис. 6.2-30).

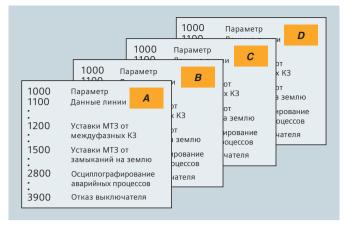


Рис. 6.2-28: Различные группы параметров (уставок) управления пс



Рис. 6.2-29: Слева: ячейка комплектно с цифровым реле (7SJ62) и с традиционной организацией функций управления; справа: ячейка комплектно с цифровым реле (7SJ64), выполняющим как защитные функции, так и функции управления

Следующие решения доступны в рамках одной серии защитных реле:

- Отдельные устройства для выполнения защитных функций и функций управления.
- Защита фидера и дистанционное управление линейным выключателем через последовательный канал связи.
- Устройства, включающие в себя как функции защиты, так и функции управления и мониторинга.

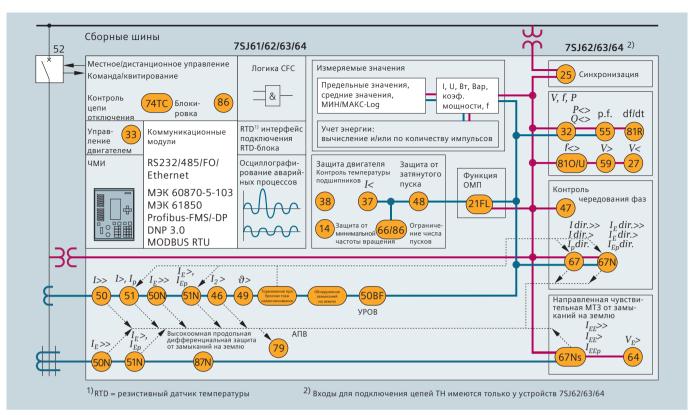


Рис. 6.2-30: Набор функций цифровых реле 7SJ61 / 62 / 63, 64 серии SIPROTEC 4

Клеммы: стандартная версия реле с клеммами винтового типа			
оковые клеммы			
Соединение	Wмакс = 12 мм		
Кольцо кабельного наконечника	d1 = 5,0 mm		
Сечение проводника	2,7 – 4 мм² (AWG 13 - 11)		
Прямое подключение	Одожильный проводник, гибкий проводник, оконцевание		
Сечение проводника	2,7 – 4 мм² (AWG 13 - 11)		
(леммы напряжения			
Соединение	Wмакс = 10 мм		
Кольцо кабельного наконечника	d1 = 4,0 mm		
Сечение проводника	1,0 – 2,6 мм² (AWG 17 - 13)		
Прямое подключение	Одожильный проводник, гибкий проводник, оконцевание		
екоторые типы реле доступны с «втычными» клеммами напряжения			
Токовые клеммы	іе клеммы		
Под винт (см.стандартную версию) Клеммы напряжения			
			Под два или три подключения
Сечение проводника	0,5 – 1,0 мм²		
	0,75 – 1,5 мм²		
	1,0 – 2,5 мм²		

Конструкция

Устройства серии SIPROTEC 4 доступны в исполнении от 1/3 до 1/1 от 19" и имеют стандартную высоту в 243 мм. Размеры данных устройств аналогичны размерам устройств других серий. Таким образом, устройства разных серий являются взаимозаменяемыми (рис. 6.2-31 – 6.2-33).

Все соединения (кабели) подключаются к задней стенке реле, как при помощи кабельного наконечника, так и без него. Доступны версии устройств со съемной лицевой панелью управления (рис. 6.2-34). Это позволяет, например, монтировать само реле в отсек низкого напряжения, а лицевую панель управления на дверь ячейки.



Рис. 6.2-31: **1/1 от 19" исполнения**



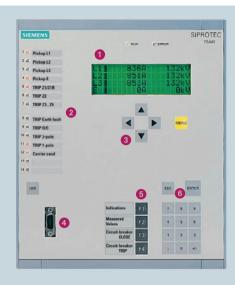
Рис. 6.2-32: **1/2 от 19" исполне-**



Рис. 6.2-33: 1/3 от 19" исполнения

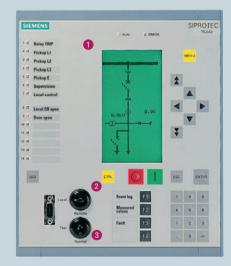


Рис. 6.2-34: Устройства серии SIPROTEC 4, включающие в себя функции защиты, управления и мониторинга реле со съемной лицевой панелью управления



- На ЖК-экране с подсветкой отображается текстовая информация
- о параметрах функционирования устройства. Свободно программируемые СИД служат для отображения информации о функционировании устройства. Пользователь может самостоятельно подписать назначение каждого СИД. Кнопка сброса индикации СИД (может использоваться при тестировании СИД)
- Навигационные клавиши
- Служебный RS232-интерфейс (для ПО DIGSI)
- 4 свободно программируемые функциональные клавиши предназначены для быстрого выполнения часто-повторяющихся операций
- Цифровая клавиатура

Рис. 6.2-35: Местное управление: Управление устройством может осуществляться через встроенный пользовательский интерфейс. Доступны два варианта этого интерфейса.



- Информация о функционировании устройства может отображаться на большом ЖК-экране как в виде графической мнемосхемы, так и в виде
- текстовой информации, сгруппированной в различные представления. Часто использующиеся клавиши управления присоединением расположены прямо под ЖК-экраном.
- Двухкнопочные переключатели обеспечивают быстрое и надежное переключение между местным и дистанционным управлением, а так же между выполнением переключений с проверкой условий блокировок и выполнением переключений без такой проверки.

Рис. 6.2-36: Дополнительные возможности интерфейса управления с графическим дисплеем.

6.2 Системы релейной защиты

Кроме функций защиты устройства серии SIPROTEC 4 обладают большим количеством дополнительных функций, которые:

- позволяют пользователю получить всю необходимую информацию для анализа аварийных ситуаций;
- позволяют адаптировать устройство для использования в различных применениях:
- облегчают контроль и управление электрическим оборудованием.

Измерение рабочих величин

Большое число измеряемых и задаваемых значений позволяет повысить качество управления энергосистемой, а так же упростить наладку.

Действующие значения вычисляются по измеренным значениям тока и напряжения; так же вычисляются значения коэффициента мощности, частоты, активной и реактивной мощности. В зависимости от типа устройства доступны следующие функции:

- Токи IA, IB, IC, IN, IEE (67Ns).
- Напряжения UA, UB, UC, UA-B, UB-C, UC-A.
- Симметричные составляющие I1, I2, 3I0; U1, U2, 3U0.
- Мощность Вт, ВАр, ВА/ P, Q, S.
- Коэффициент мощности (cos ц).
- Частота.
- Электроэнергия ± кВтч ± кВАрч, прямое и обратное протекание мощности.
- Среднее, а также минимальное и максимальное значения тока и напряжения.
- Счетчик времени нахождения устройства в работе.
- Средняя рабочая температура эксплуатации устройства.
- Контроль пороговых значений.

Контроль пороговых значений осуществляется с помощью СГС-логики. Команды могут вырабатываться исходя из факта превышения граничных значений.

• Смещение нуля.

В случаях, когда измеряемая величина очень близка к нулевому значению, она приравнивается к нулю и не учитывается.

Вычисляемые величины (некоторые виды)

Для целей внутреннего учета устройство способно вычислять значения мощностей по измеренным значениям тока и напряжения. Если имеется внешний счетчик электроэнергии с импульсным выходом, то некоторые устройства серии SIPROTEC 4 через специальный вход могут получать и обрабатывать измерительные импульсы.

Вычисленные значения могут отображаться на экране устройства, а так же могут быть переданы в диспетчерский центр. Устройство различает прямое и обратное протекание мощности, а также активную и реактивную мощность.

Рабочая информация и информация об аварийных режимах с меткой времени

Устройства серии SIPROTEC 4 обеспечивают пользователя всей необходимой информацией для анализа произошедших аварий и осуществления управления. Все информационные сообщения, перечисленные ниже, хранятся в памяти устройства даже при отсутствии питания.

- Журнал аварийных событий. Записи о восьми последних авариях хранятся в устройстве. Все записи в журнале аварийных событий содержат метку времени с шагом 1 мс.
- Рабочая информация. Все сообщения, не относящиеся к повреждениям, (например, информация о переключениях) хранятся в буфере сообщений. Шаг метки времени составляет 1 мс (рис. 6.2-37, рис. 6.2-38).

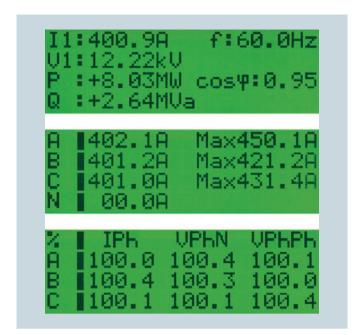


Рис. 6.2-37: Измерение рабочих величин.

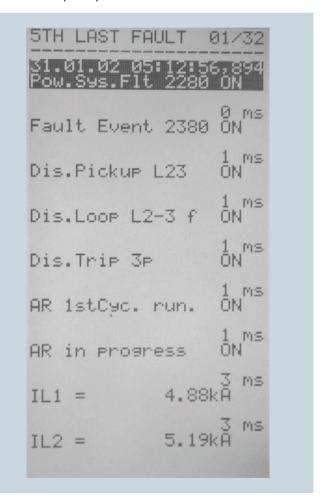


Рис. 6.2-38: Список аварийных событий, отображающийся на экране устройства.

6.2 Системы релейной защиты

Редактор графического дисплея

Редактор дисплея предназначен для изменения представления отображаемой информации. Наборы предустановленных символов могут быть дополнены пользователем самостоятельно. Создание графического представления однолинейной схемы не вызывает никаких затруднений. Текущие значения нагрузки (аналоговые значения) и любая текстовая или символьная информация может быть размещена в любой части экрана устройства.

Четыре независимые группы уставок

Уставки реле могут быть быстро адаптированы к изменившимся условиям эксплуатации. Реле обладает четырьмя независимыми группами уставок, которые могут быть заданы на этапе наладки, а также изменены удаленно (модемный канал) с помощью ПО DIGSI. Переключение группы уставок можно осуществить по факту активации необходимого дискретного входа, с помощью ПО DIGSI 4 (местно или дистанционно), с помощью встроенной клавиатуры или по последовательному системному интерфейсу.

Время регистрации аварийных процессов до пяти или более (несколько осциллограмм) секунд

Значения тока каждой фазы, тока замыкания на землю, тока линии и тока нулевой последовательности отображаются на осциллограммах. Запуск регистратора может быть осуществлен по факту активации соответствующего дискретного входа, при пуске защиты или при появлении команды на отключение. Максимально может быть сохранено до восьми аварийных осциллограмм. Во время наладки возможно осуществлять запуск осциллографирования с помощь ПО DIGSI 4. При заполнении памяти аварийного осциллографа самая старая запись о повреждении удаляется и на ее место записывается новая.

Для защит генератора, работающих с большой выдержкой времени, возможна регистрация действующих значений. Сохранение соответствующих вычисленных значений (U1, UE, I1, I2, IEE, P, Q, f-fn) происходит с шагом в один цикл промышленной частоты. Общее время регистрации составляет 80 с.

Синхронизация времени

Часы с буферной батареей могут быть синхронизированы сигналом синхронизации (например, DCF77, IRIG В через спутник), сигналом на дискретном входе, через системный интерфейс или через SCADA (например, SICAM). Метка с датой и временем присваивается каждому событию.

Функциональные клавиши

Четыре свободно программируемые функциональные клавиши предназначены для быстрого выполнения часто повторяющихся операций.

С помощью данных клавиш можно, например, осуществлять вывод на экран устройства список рабочих сообщений или выполнять операции по включению или отключению силового выключателя.

Непрерывная самодиагностика

Программное и аппаратное обеспечение подвергается постоянному контролю. Устройство незамедлительно сигнализирует об обнаружении неисправности. Таким образом, обеспечивается высокая степень надежности и безопасности.

Контроль батареи

Встроенный элемент питания (батарейка) предназначен для резервирования работы системных часов, хранения данных о переключениях и аварийных сообщениях, а так же для регистрации аварийных процессов в случае потери основного питания. Работоспособность элемента питания постоянно контролируется микропроцессором устройства. Если емкость батареи оказывается недостаточной, то подается предупреждающий сигнал. Таким образом, регулярной замены батареи не требуется.

Даже при неисправности элемента питания, потери настроек устройства не происходит, т.к. они сохраняются в стираемом перепрограммируемом постоянном запоминающем устройстве на основе флеш-памяти (Flash-EPROM). Устройства серии SIPROTEC 4 остаются полностью работоспособными в данном случае.

Помощь при вводе в эксплуатацию

Особое внимание уделяется вводу устройств в эксплуатацию. Работоспособность всех дискретных входов и выходных реле устройства может быть проверена в автономном режиме. Данная возможность позволяет значительно облегчить проверку правильности подключения устройства. Пользователь может инициировать передачу устройством тестовых сообщений в систему управления подстанции.

CFC: Пользовательская логика

С помощью графического инструмента CFC (Continuous Function Chart) пользователь самостоятельно может задавать логику работы устройства, комбинируя необходимые логические элементы; для выполнения данных действий не требуется дополнительной подготовки. Доступны следующие логические элементы: И, ИЛИ, триггеры и таймеры. Пользователь может создавать свои функции, а также комбинации внешних и внутренних сигналов.

Интерфейсы связи

Особое внимание в устройствах уделяется связи с устройствами, что означает использование стандартных, принятых в области автоматизации объектов энергетики, интерфейсов. Коммуникационные модули устройства являются взаимозаменяемыми, тем самым обеспечивается поддержка устройством новых интерфейсов приема/передачи данных.

Интерфейс связи с ПК

Расположенный на передней панели устройства порт связи с ПК позволяет осуществлять быстрый доступ ко всем настройкам и записям аварийного осциллографа. Во время ввода в эксплуатацию данный интерфейс позволяет использовать ПО DIGSI 4.

6.2 Системы релейной защиты

Модификация (ретрофит): Коммуникационные модули

Возможна поставка устройства с двумя коммуникационными модулями: сервисным интерфейсом и интерфейсом управления подстанции. Так же возможно дооснащение устройства необходимыми коммуникационными модулями позже, по мере возникновения такой необходимости. Данные модули монтируются в специальные слоты, расположенные на задней стенке устройства. По умолчанию все устройства поставляются с интерфейсом синхронизации.

Установка коммуникационных модулей возможна во все реле серии SIPROTEC 4. В зависимости от типа устройства доступны следующие протоколы: МЭК 60870-5-103, PROFIBUS DP. MODBUS RTU. DNP 3.0 и Ethernet с МЭК 61850. Применение дополнительных конверторов протоколов не требуется (рис. 6.2-39 – рис. 6.2-43).

Все устройства удовлетворяют предъявляемым в области автоматизации объектов энергетики требованиям:

- Любая информация содержит метку времени (присваивается источником), т.е. там, где она формируется.
- Система обмена данными поддерживает автоматическую передачу информации большого объема (например, записей аварийного осциллографа или файлов конфигурации). Пользователь может осуществлять данные действия, не обладая специальными знаниями в области программирования.
- Для надежного исполнения команд, поступающий сигнал в первую очередь подтверждается устройством, для которого он непосредственно предназначен. Когда команда исполнена, вырабатывается соответствующее сообщение о проверке. Текущее состояние команды проверяется на каждом шаге ее исполнения. При неудовлетворительном исполнении команды возможно осуществить ее контролируемое прерывание.



Рис. 6.2-39: Реле защиты



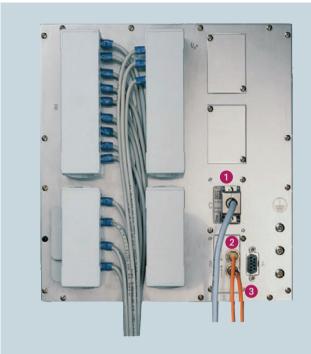
Рис. 6.2-40: Коммуникационный модуль, оптический



Рис. 6.2-41: Коммуникационный модуль RS232, RS485



Рис. 6.2-42: Коммуникационный модуль, оптическое кольцо



Возможно использование следующих интерфейсов:

- Сервисный интерфейс (опция) . Некоторые реле защиты могут управляться через ПО DIGSI 4, например, с помощью звездообразного разветвителя или по RS485-шине. При модемном соединении возможно осуществлять дистанционное управление. Это дает преимущество во время ликвидации повреждений, особенно на необслуживаемых электрических станциях. (Так же данный интерфейс может использоваться для подключения внешних датчиков контроля температуры.)
- **Системный интерфейс (опция)** Данный интерфейс предназначен для связи с системой управления и поддерживает, в зависимости от используемого коммуникационного модуля, большое количество протоколов приема/передачи информации.
- Интерфейс синхронизации времени Сигнал синхронизации (DCF 77, IRIG В через спутник) может подаваться на данный вход, если системный интерфейс не используется для синхронизации по времени. Это позволяет присваивать высокоточные

Рис. 6.2-43: Вид сзади при выполненных электрических подключениях, установленной крышкой клеммника и наличием последовательных интерфейсов.

Надежная шинная архитектура

- Двойное оптоволоконное кольцо через Ethernet.
 Двойное оптоволоконное кольцо не подвержено влиянию электромагнитных помех. Система продолжает беспрерывное функционирование даже при повреждении соединения между двумя устройствами. Выход из строя любого устройства не оказывает влияния на работу остальной части системы (рис. 6.2-44).
- RS485-шина

При передаче данных по медным кабелям снижение влияния электромагнитных помех достигается за счет использования витой пары. Система продолжает беспрерывное функционирование даже при повреждении устройства (рис. 6.2-45).

Схема соединения «звезда»
 Реле подключаются к системе управления с помощью оптоволоконных кабелей по схеме «звезда». Неисправность одного реле/соединения не оказывает влияния на функционирование других устройств (рис. 6.2-46).

В зависимости от типа устройства доступны следующие протоколы:

- Протокол МЭК 61850
- Начиная с 2004 года, протокол МЭК 61850 на основе Ethernet является мировым стандартом в системах релейной защиты и управления. Компания Siemens была первым производителем, кто обеспечил поддержку данного стандарта своими устройствами. С помощью данного протокола устройства защиты присоединений могут осуществлять прямой обмен информацией между собой, что позволяет организовывать простые схемы взаимной блокировки. ПО DIGSI позволяет организовывать доступ к устройствам по Ethernet-шине.
- МЭК 60870-5-103
 МЭК 60870-5-103 является международным стандартизированным протоколом, который обеспечивает эффективную передачу данных между устройствами релейной защиты и системой управления. Имеется возможность использовать специально-разработанные и опубликованные компанией Siemens

расширения для данного протокола.

PROFIBUS DP

Данный протокол рекомендуется использовать при подключении к ПЛК SIMATIC. Используя протокол PROFIBUS DP возможно организовать прямое подключение реле защиты к SIMATIC S5/S7. Передаваемыми данными являются: данные о повреждениях, значения измеренных величин и команды управления.

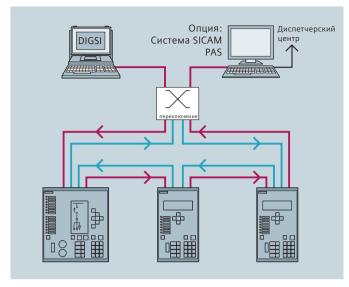


Рис. 6.2-44: Кольцевая шинная структура станционной шины с Ethernet и МЭК 61850

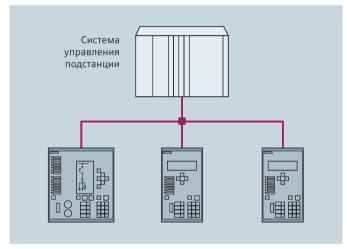


Рис. 6.2-45: PROFIBUS: Подключение по электрическому RS485

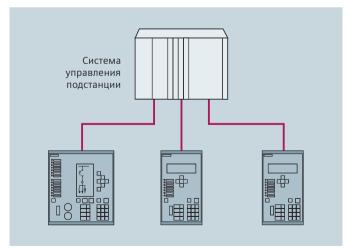


Рис. 6.2-46: МЭК 60870-5-103: Схема соединения типа «звезда» с использованием оптоволоконных кабелей

6.2 Системы релейной защиты

MODBUS RTU

MODBUS так же является широко используемым стандартом связи в области автоматизации.

DNP 3.0

Протокол DNP 3.0 (Distributed Network Protocol, версия 3) основан на обмене сообщениями. Устройства серии SIPROTEC 4 полностью совместимы с протоколом DNP 3.0 1-го и 2-го уровня, который поддерживается большим количеством цифровых реле разных производителей.

Управление

Помимо функций защиты устройства серии SIPROTEC 4 включают в себя все необходимые для сетей среднего и высокого напряжения функции управления и автоматики. Данные функции обеспечивают надежное управление переключениями и иными процессами. Информация о состоянии первичного оборудования может быть передана в устройства защиты посредством соответствующих блок-контактов, подключенных к дискретным входам цифрового реле.

Таким образом, возможно контролировать и отображать на экране устройства включенное и отключенное положение выключателя, его неисправность или промежуточное положение. Контроль распределительного устройства осуществляется с помощью:

- Встроенной панели управления.
- Дискретных входов устройства.
- Системы управления подстанции.
- При помощи ПО DIGSI 4.

Автоматика

Пользователь при помощи встроенного графического редактора (СFС-логика) может самостоятельно задавать необходимую логику работы функций автоматики. Работа данных функций активируется при нажатии соответствующих функциональных клавиш, при поступлении сигнала на соответствующий дискретный вход или через интерфейс связи.

Режим управления

Доступна следующая иерархия режима управления: МЕСТНОЕ, ПО DIGSI 4, ДИСТАНЦИОННОЕ. Режим управления определяется заданными параметрами или при помощи ПО DIGSI 4. Если выбран МЕСТНЫЙ режим управления, то коммутационные операции могут быть осуществлены только по месту. Каждая операция по переключению или изменению положения силового выключателя регистрируется с присвоением соответствующей временной метки.

Обработка команд

Цифровые реле защиты серии SIPROTEC 4 обладают всеми необходимыми функциями по обработке поступающих команд, включая обработку одиночных или двойных команд с проверкой или без проверки их выполнения, и осуществляют контроль их исполнения.

Устройства могут формировать управляющие воздействия с использованием функций, например, контроль времени выполнения команды и автоматическое прекращение ее выдачи.



Рис. 6.2-47: Инженер-релейщик за работой

Типовыми вариантами использования являются:

- Одиночные или двойные команды, используя 1 контакт на включение, 1контакт на отключение плюс 1 общий или 2 выходных контакта, действующих на отключение.
- Определяемая пользователем логика блокировки.
- Последовательность действий, объединяющая несколько операций по переключению, например, управление выключателем, разъединителем и заземляющим ножом.
- Пуск операций по переключению, индикация или выдача аварийного сигнала с учетом анализа существующей информации (рис. 6.2-47)).

Положение выключателя или другого коммутационного аппарата контролируется при помощи блок-контактов. Положения блок-контактов контролируются дискретными входами устройства, которые логически связаны с соответствующими командными выходами. Поэтому устройство способно различать по какой причине произошло изменение положения коммутационного аппарата: в результате управляемого переключения или в результате спонтанного изменения состояния.

Выходная информация

Последующие сообщения (или команды) могут быть сформированы на основе существующих сообщений. Так же могут быть сформированы групповые сообщения. Объем передаваемой по системному интерфейсу информации может быть сокращен, тем самым передаваться будет только самая необходимая информация.

Серия SIPROTEC 5 – новый эталон для устройств защиты, автоматики и управления

Устройства серии SIPROTEC 5 вобрали в себя весь опыт, накопленный при эксплуатации устройств РЗА предыдущих серий и были специально разработаны для удовлетворения новых требований, предъявляемым к современным системам высокого напряжения. Для этих целей устройства серии SIPROTEC 5 обладают всеми необходимыми функциями. Мощное инженерное ПО DIGSI 5 обеспечивает комплексный подход к решению поставленных задач, начиная от проектирования и заканчивая наладкой и последующим обслуживанием.

Благодаря возможности модульного расширения программного и аппаратного обеспечения, каждое устройство может быть точно приспособлено под эксплуатацию в конкретных условиях; данной возможностью так же обеспечивается и адаптация устройств к новым требованиям и стандартам в области электроэнергетики и релейной защиты.

Помимо наличия надежных и селективных функций защиты и всеобъемлющей автоматики, устройства серии SIPROTEC 5 предлагают обширную базу данных для управления и мониторинга современных энергосистем. Обеспечивается возможность использования синхронных векторных величин (PMU), данных о качестве электроэнергии и исчерпывающей технологической информации от эксплуатируемого оборудования.

- Широчайший выбор защитных функций обеспечивает сохранность электрического оборудования и обеспечивает безопасность обслуживающего персонала.
- Возможность индивидуальной конфигурации каждого цифрового реле позволяет сократить первоначальные затраты и затраты, связанные с хранением запасных частей, обслуживанием и будущей модернизации устройств.
- Удобная работа с устройствами и ПО за счет их продуманного исполнения.
- Повышение надежности и качества процесса проектирования.
- Высокая надежность эксплуатации за счет применяемых мер по обеспечению безопасности.
- Наличие мощных коммуникационных компонентов позволяет реализовывать надежные и эффективные решения.
- Полная совместимость между 1-й и 2-й редакцией МЭК 61850.
- Эффективные концепции управления благодаря возможности использования МЭК 61850 2-й редакции.
- Наличие мощных коммуникационных компонентов позволяет реализовывать надежные и эффективные решения.
- Полная совместимость между 1-й и 2-й редакцией МЭК 61850.
- Эффективные концепции управления благодаря возможности использования МЭК 61850 2-й редакции.
- Наличие обширной базы данных для осуществления мониторинга современных энергосистем.
- Оптимальная платформа для автоматизации передающей электрической сети, основанная на встроенном измерении синхронных векторов (PMU) и функциях, относящихся к определению показателей качества электроэнергии.



Рис. 6.2-48: SIPROTEC 5 – модульная конструкция аппаратного обеспечения



Рис. 6.2-49: Устройства серии SIPROTEC 5 – вид сзади



Рис. 6.2-50: Применение в системах высокого напряжения

6.2 Системы релейной защиты

Инновационная функциональность

Устройства серии SIPROTEC 5 объединяют в себе функции, надежность которых доказана многолетним опытом их использования, и новую гибкую высокопроизводительную платформу, дополненную инновационными решениями для решения текущих задач и задач будущего.

<u>Комплексный подход к организации рабочего процесса</u> Инструменты комплексного проектирования, начиная от проекта и заканчивая вводом в эксплуатацию, упрощают работу на каждом этапе.

Важной особенностью устройств серии SIPROTEC 5 является простота их повседневного использования. Серии SIPROTEC 5 осуществляет поддержку пользователя на всех стадиях рабочего процесса, позволяя осуществлять детальное конфигурирование каждого устройства, что приводит к сокращению денежных и временных затраты без ущерба для качества.

Комплексный подход к организации рабочего процесса с SIPROTEC 5 означает:

- Унифицированная среда проектирования систем и устройств от создания однолинейной схемы до параметрирования устройства.
- Простая, и интуитивно-понятная графическая связь первичного и вторичного оборудования.
- Расширяемая библиотека шаблонов для часто используемых применений устройств.
- Не привязанный к конкретному производителю инструмент для облегчения процесса разработки систем.
- Пользовательские библиотеки.
- Концепция многопользовательской параллельной работы.
- Открытые интерфейсы для эффективного интегрирования в существующую технологическую среду.
- Пользовательский интерфейс, разработанный с учетом пожеланий эксплуатирующего персонала.
- Интегрированные инструменты для выполнения тестирования на всех стадиях проектирования и ввода в эксплуатацию, а так же возможность моделирования поведения энергосистемы, например, при повреждениях и выполнении переключений.

Для системных операторов комплексный подход к организации рабочего процесса в серии SIPROTEC 5 означает следующее: инструмент для комплексной организации рабочего процесса, начиная от проекта и заканчивая вводом в эксплуатацию, позволяющий так же расширять и перекрещивать зоны ответственности — это сокращает затрачиваемое время и обеспечивает одновременно и конфиденциальность и прозрачность информации на протяжении всего времени эксплуатации системы.



Рис. 6.2-51: Комплексные решения – от проектирования до ввода в эксплуатацию

Универсальность

Возможность индивидуального конфигурирования каждого устройства обеспечивает реализацию экономически эффективных решений, четко отвечающим вашим требованиям.

Устройства серии SIPROTEC 5 устанавливают новые стандарты в области снижения издержек и готовности к работе, что достигается за счет легко адаптируемого под свои нужды аппаратного и программного обеспечения. Устройства серии SIPROTEC 5 идеально подходят для совместного использования с оборудованием распределительных устройств.

Универсальность устройств серии SIPROTEC 5 означает следующее:

- Модульное исполнение программного и аппаратного обеспечения гарантирует простую адаптацию устройств к вашим нуждам.
- Выполнение устройствами широкого спектра задач: защита, управление, измерение, контроль качества электроэнергии и осциллографирование аварийных процессов.
- Единые типы коммуникационных модулей и модулей расширения для всех устройств серии SIPROTEC 5.
- Использование нового типа клеммных зажимов обеспечивает простое подключение устройства и взаимозаменяемость с максимально-возможной степенью безопасности.
- Наличие одинаковых функций и согласованных интерфейсов во всех устройствах серии позволяют упростить квалификационные требования к обслуживающему персоналу и повысить безопасность использования, например, функция автоматического повторного включения (АПВ) одинакова для устройств защиты линии типа 7SD8, 7SA8, 7SL8.
- Для адаптации к предъявляемым требованиям, функции устройства могут быть индивидуально настроены.
- Возможность функционального расширения всех устройств серии.

Для системных операторов универсальность устройств серии SIPROTEC 5 означает следующее:

Возможность индивидуального конфигурирования каждого цифрового реле позволяет сократить первоначальные затраты и затраты, связанные с хранением запасных частей, обслуживанием и адаптацией к будущим потребностям системы.

Автоматизация распределительных сетей

Наличие большого числа функций, предназначенных для построения интеллектуальных сетей.

Изменение климата и истощение ископаемых видов топлива вынуждает произвести полную переоценку отрасли энергоснабжения, начиная с выработки и заканчивая распределением и потреблением электроэнергии. Это влечет за собой глобальные изменения в структуре энергосистемы и принципов ее управления.

Интеллектуальная автоматизация является основным компонентом, призванным сохранить стабильность энергосистемы и в то же время обеспечить накопление электроэнергии.

Устройства серии SIPROTEC 5 предлагают оптимальную платформу для построения интеллектуальных сетей.

Интеллектуальная автоматизация электрических сетей на основе устройств серии SIPROTEC 5 означает:

- Открытую, масштабируемую архитектуру для ІТ-интеграции и добавления новых функций.
- Соответствие самым новым стандартам в области передачи данных и информационной безопасности.

6.2 Системы релейной защиты

- «Интеллектуальные функции», например, для управления режимами энергетической системы, анализа повреждений или контроля показателей качества электроэнергии (мониторинг энергетической системы, блок управления мощностью, определение места повреждения).
- Комплексная автоматизация при помощи оптимизированных логических модулей, соответствующих стандарту МЭК 61131-3.
- Высокоточный сбор и обработка значений технологических параметров, и их передача к другим компонентом интеллектуальной сети
- Защита, автоматика и мониторинг компонентов интеллектуальной сети.

Функциональная интеграция

Благодаря модульному построению аппаратного и программного обеспечения и наличию мощного инженерного ПО DIGSI 5, устройства серии SIPROTEC 5 идеально подходят для защиты, автоматизации, измерений и мониторинга энергетического оборудования.

Данные устройства выполняют не только функции защиты и автоматики, их производительность позволяет им обеспечивать функциональную интеграцию желаемой глубины и масштаба. Например, данные устройства могут выполнять мониторинг, векторные измерения, осциллографирование аварийных процессов и широкий спектр функций измерений; так же технические характеристики устройства поддерживают дальнейшее функциональное расширение.

Устройства серии SIPROTEC 5 обеспечивают высокоточный сбор информации и регистрацию выполнения данных функций. Функциональность устройств в сочетании с широкими возможностями приема/передачи информации позволяет использовать устройства серии SIPROTEC 5 в проектах с нестандартными требованиями; так же характеристики устройства поддерживают дальнейшее функциональное расширение, что позволяет адаптировать их к любым требованиям.

Использование устройств серии SIPROTEC 5 позволяет повысить безопасность и надежность. На рис. 6.2-52 показано возможное функциональное расширение устройств серии SIPROTEC 5.

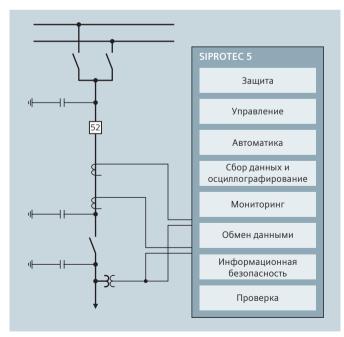


Рис. 6.2-52: Возможное функциональное расширение устройств серии SIPROTEC 5

Функциональная интеграция – Защита

Устройства серии SIPROTEC 5 обладают всеми необходимыми функциями для обеспечения надежной и безопасной работы энергетической системы. Серия SIPROTEC 5 подходит для использования в распределительных устройствах с несколькими системами сборных шин и в распределительных устройствах с полуторной схемой. Надежность функций подтверждена многолетним опытом их использования, а так же учтены и пожелания и требования заказчиков.

Модульное, функциональное построение устройств серии SIPROTEC 5 обеспечивает непревзойденную приспособляемость устройств к нуждам заказчиков и эксплуатирующих организаций, а также их модернизацию в будущем.

Функциональная интеграция – Управление

Устройства серии SIPROTEC 5 обладают необходимыми функциями управления и мониторинга, наличие которых требуется для эффективного управления оборудованием подстанции. Поставляемые шаблоны типового использования позволяют полностью реализовать функциональные возможности данных устройств. Функции защиты и управления построены на одинаковых логических элементах.

Новый уровень качества управления был реализован за счет поддержки устройствами стандарта МЭК 61850. Например, поступающая от полевых устройств дискретная информация и данные (к примеру, для организации взаимной блокировки) могут передаваться между устройствами. Обмен сообщениями GOOSE позволяет реализовывать эффективные решения, таким образом, происходит замена традиционных проводных цепей (контрольных кабелей) телеграммами данных. Базовые настройки всех устройств обеспечивают управление до 4 коммутационными аппаратами (силовой выключатели, разъединители, заземляющие ножи). Возможно активировать управление дополнительными коммутационными аппаратами и блоком последовательности переключений при помощи СFC-логики.

Функциональная интеграция – Автоматика

Встроенные графические функции автоматики позволяют пользователям самостоятельно создавать логические схемы. ПО DIGSI 5 обеспечивает данную возможность за счет наличия мощных логических модулей, соответствующих стандарту МЭК 61131-3.

Пример использования:

- Проверка условий блокировки.
- Последовательность переключений (логическая схема последовательности переключений (СFC-логика)).
- Формирование сообщений на основе информации о переключениях.
- Формирование сообщений или предупреждений на основе анализа доступной информации.
- Автоматическая частотная разгрузка (арифметическая логическая схема (СFС-логика) и логическая схема последовательности переключений (СFС-логика)).
- Управление децентрализированными источниками питания.
- Изменение топологии системы в зависимости от внешних факторов.
- Автоматическое деление сети для решения проблемы устойчивости

Устройства серии SIPROTEC 5 также обеспечивают автоматизацию подстанции подобно системе SICAM PAS, что позволяет реализовывать функциональные и эффективные решения по дальнейшей автоматизации подстанции.

6.2 Системы релейной защиты

Функциональная интеграция – Мониторинг

Устройства серии SIPROTEC 5 могут выполнять множество задач мониторинга. Они разделены на четыре группы:

- Самоконтроль.
- Контроль стабильности сети.
- Контроль качества электрической энергии.
- Контроль оборудования (контроль состояния).

Самоконтроль

Устройства серии SIPROTEC 5 оснащены большим количеством алгоритмов самоконтроля. Эти алгоритмы обнаруживают внутренние ошибки устройства, а также внешние ошибки во вторичных цепях и сохраняют их в буферах для записи и сообщения. Эта записанная информация может использоваться для определения причины, приведшей к срабатыванию функции самоконтроля и принять соответствующие меры коррекции последствий.

Стабильность сети

Контроль сети объединяет все системы мониторинга, которые являются необходимыми для обеспечения стабильности в сети во время нормальной работы сети. Для мониторинга сети устройства SIPROTEC 5 обеспечивают всю необходимую функциональность, например, осциллографирование повреждений, непрерывное запись режима сети, функция ОМП и измерения синхронных векторных величин (PMU).

Качество электрической энергии

Для этого в серии SIPROTEC 5 имеются соответствующие рекордеры, записывающие качество электрической энергии. Они могут использоваться, чтобы обнаружить слабые места в сети, чтобы можно было принять соответствующие корректирующие меры.

Большой объем данных архивируется централизованно и затем анализируется системой SICAM PQS.

Оборудование

Мониторинг оборудования (контроль состояния) - важный инструмент в управлении активами и эксплуатационной поддержке из которого могут извлечь выгоду и окружающая среда и компания.

Функциональная интеграция – Сбор и накопление данных и запись

Собранная и записанная в журналы информация является всеобъемлющей. Она отображает состояние объекта в хронологическом порядке. Это также используется функциями в устройстве SIPROTEC 5 для мониторинга, решения задач автоматизации ячейки и подстанции.

Это также является основой развития функциональности и в будущем.

Функциональная интеграция – Связь

Устройства SIPROTEC 5 оборудованы высокоэффективными интерфейсами связи. Это как интегрированные интерфейсы так и интерфейсы, которые установлены в модулях расширения, что обеспечивает высокий уровень безопасности и гибкости. Доступны различные модули связи. В то же время модуль независим от используемого протокола. Протокол может быть загружен в соответствии с применением. Особое значение было дано реализация полного коммуникационного дублирования (избыточности):

- Несколько дублирующих интерфейсов связи.
- Дублирующие, независимые протоколы связи центром контроля (например, МЭК 60870-5-103 и МЭК 61850 или двойной МЭК 60870-5-103 или DNP3 и IP DNP).
- Полная доступность связи при выводе коммутатора из работы для обслуживания.
- Дублированность синхронизации времени (например, IRIG-В и SNTP).

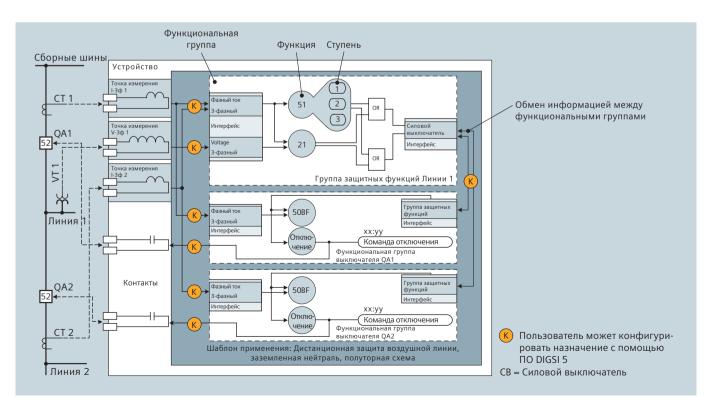


Рис. 6.2-53: Конфигурация системы с прикладным шаблоном для «полуторной» схемы

6.2 Системы релейной защиты

<u>Функциональная интеграция – Информационная безопасность (кибер-</u> безопасность)

Концепция многоуровневой безопасности для устройства и DIGSI 5 обеспечивает пользователя высоким уровнем защиты от внешних атак по каналам связи и соответствует требованиям Немецкого стандарта BDEW Whitebook и стандарта NERC CIP.

Функциональная интеграция – Тестирование

Для сокращения времени тестирования и наладки, в DIGSI 5 пользователю доступны функции всестороннего тестирования и диагностические функции. Они объединены в наборе тестов DIGSI 5.

Испытательный спектр включает среди других тестов:

- Тест аппаратных средств и вторичных соединений.
- Функциональный тест и тест функции защиты.
- Моделирование цифровых сигналов и аналоговых последовательностей встроенным испытательным оборудованием.
- Отладка и выявление неисправностей логических схем.
- Тест выключателя и АПВ.
- Тестирование интерфейсов связи.
- Тест петли при проверке каналов связи.
- Тест протокола.

Создание проекта, его отладка и ввод в работу, включая тест устройства, может, поэтому, быть выполненным одним инструментом.

Шаблоны применений

Шаблоны применений позволяют системным операторам быстро внедрять свои типовые решения. Доступна библиотека стандартных шаблонов применений, которые могут быть «подогнаны» под специфический набор функций и для специфических применений.

На рис. 6.2.54 показан пример конфигурации системы для «полуторной» схемы. Функции в шаблоне применений собраны в функциональные группы (ФГ). Функциональные группы (ФГ) соответствуют первичным элементам (защищаемый объект: линия, коммутационное устройство: выключатель), тем самым облегчая прямую привязку в действительной схеме. Например, если распредустройство состоит из двух выключателей, то это будет представлено двумя функциональными группами «силовой выключатель» - схематическим отображением реальной системы.



Рис. 6.2-54: Устройство SIPROTEC 5 с дополнительными модулями

Оптимизация прикладного шаблона для определенного применения Системный оператор может приспособить прикладные шаблоны к соответствующему применению и создать свои собственные внутренние шаблоны. Необходимое число ступеней или зон защиты может быть без труда увеличено. В устройство без труда могут быть загружены дополнительные функции непосредственно из обширной библиотеки функций. Так как функции имеют общую структуру во всей системе SIPROTEC 5, то защитные функции и даже целые группы функций, включая параметрирование, могут быть скопированы с одного устройства в другое.

Аппаратная часть и «заказной» конфигуратор

Стандартные блоки аппаратных средств SIPROTEC 5 предлагают свободно конфигурировать устройство. Системный оператор имеет выбор: либо использовать уже предварительно сконфигурированное устройство, в соответствии с вашим применением, либо «строить» устройство из стандартных блоков аппаратных средств SIPROTEC 5, чтобы точно соответствовать вашему применению.

Гибкие стандартные блоки аппаратных средств предлагают Вам:

- Основные модули и модули расширения, каждый с различным модулем входов/выходов.
- Различные виды передней панели устройства.
- Большое количество модулей для коммуникации, преобразования измеряемых величин и расширения памяти

С SIPROTEC 5 Siemens изменил дизайн своих устройств. Уже зарекомендовавшие себя элементы были улучшены, и были добавлены инновационные идеи. При взгляде на новые устройства легко убедиться в их модульной структуре.

В устройствах SIPROTEC 7xx85, 7xx86 and 7xx87 вы можете комбинировать различные основные блоки и блоки расширения, выбирая вариант, наиболее подходящий по габаритам для вашей установки. Устройства серий SIPROTEC 7xx82 и 7xx84 не могут дополняться модулями расширений (бюджетный вариант). На рис. 6.2-54 показано устройство, состоящее из основного (базового) модуля и 4-х модулей расширения.

Преимущество модульных стандартных блоков

Стандартные блоки модуля аппаратных средств SIPROTEC 5 включают в себя совокупный опыт Siemens в цифровых защитных устройствах контроллерах присоединений. Кроме того, специфичные инновации сделали их применение легче для Вас, например, функции записи и осциллографирования, а также добавление функции анализа качества электроэнергии (PQ-функциональность).

Блочное построение серии SIPROTEC 5 предлагает:

Долговечность и прочность

- Возможность расширения и адаптации аппаратных средств.
- Прочность корпусов.
- Великолепная ЭМС за счет экранирования в соответствии с самыми последними стандартами и стандартом МЭК 61000-4.
- Расширенный температурный диапазон -25..+70°C/ –13°F..+158°F.

Модульный принцип

- Свободно конфигурируемое и расширяемое устройство.
- Большой диапазон по аналоговым входам (до 24 каналов от ТТ и ТН для целей РЗА, до 40 каналов в централизованной ДЗШ и более чем 200 входов и выходов для записи).
- Свободный выбор типа передней панели (например, большой или маленький дисплей, с/без ключей-переключателей, съемная передняя панель).
- Одна и та же нумерация клемм для «утопленного» и «навесного» исполнений.

Выбор конфигуратора

Заказной конфигуратор помогает в выборе нужного продукта серии SIPROTEC 5. Заказной конфигуратор является WEB-приложением и может работать в любом браузере. Конфигуратор SIPROTEC 5может использоваться как для выбора устройств целиком, так и для выбора отдельных компонентов, таких как модули связи или модули расширения. В конце процесса конфигурации выдается код продукта и детальная презентация результата выбора. Конфигуратор однозначно описывает продукт и также служит для формирования заказного кода.

6.2.3 Системы релейной защиты. ПО DIGSI 4, Конфигуратор МЭК61850 и SIGRA 4 для работы с устройствами защиты

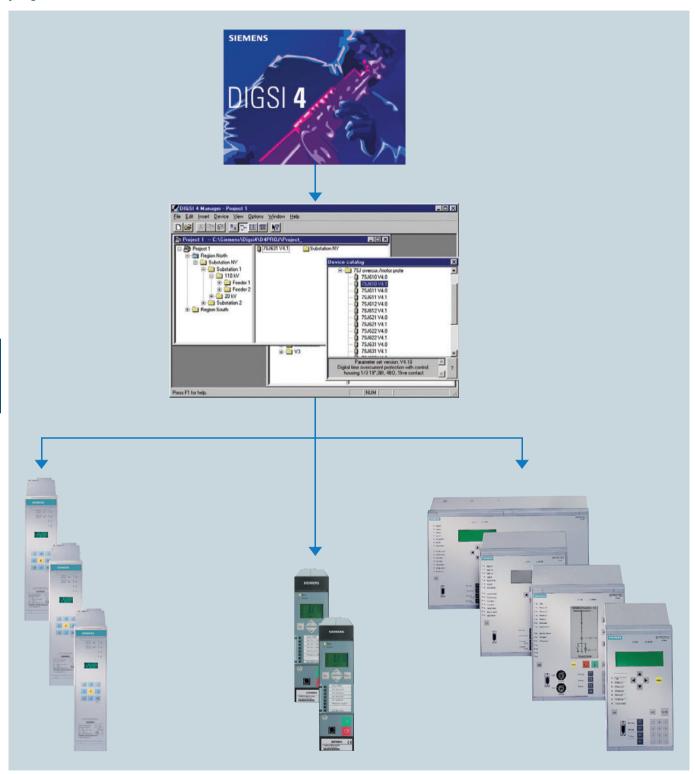


Рисунок 6.2-55: ПО DIGSI 5 для работы с устройствами релейной защиты

DIGSI 4 – ПО для работы со всеми устройствами защиты серии SIPROTEC (кроме SIPROTEC 5)

Описание

Программа DIGSI 4, устанавливаемая на ПК, является пользовательским интерфейсом для работы с устройствами серии SIPROTEC независимо от их версии (кроме SIPROTEC 5). Данное ПО имеет современный интуитивно понятный интерфейс. При помощи DIGSI 4 выполняется и конфигурирование и анализ работы устройств серии SIPROTEC, применяющихся в промышленности и системах распределения электроэнергии.

Функции

Из множества доступных защитных функций можно легко выбрать и ввести в работу только те из них, которые требуются в данном конкретном случае (см. рис. 6.2-56). Таким образом облегчается работа с другими меню.

Задание уставок устройства в первичных или вторичных величинах

Значения уставок могут вводиться и отображаться либо в первичных, либо во вторичных величинах. Переход от первичных ко вторичным величинам и наоборот выполняется при помощи одного щелчка мышкой по панели инструментов (см. рис. 6.2-56).

Матрица ранжирования

Матрица ранжирования в DIGSI 4 дает пользователю полное представление о конфигурации устройства (рис. 6.2-57). На одном экране представлено ранжирование светодиодов, дискретных входов и выходных реле. При этом ранжирование может быть изменено одним щелчком мыши.

CFC. Разработка логических схем вместо программирования

При помощи CFC (continuous function chart — непрерывные функциональные схемы) возможно связывать и логически обрабатывать информацию без специальных знаний в программировании путем графического построения логических схем технологического процесса, всевозможных блокировок и различных последовательностей операций.

Для реализации логических схем доступно множество логических элементов (И, ИЛИ, таймеры и др.), а также запросы о превышении пороговых значений измеряемыми величинами (рис. 6.2-58).

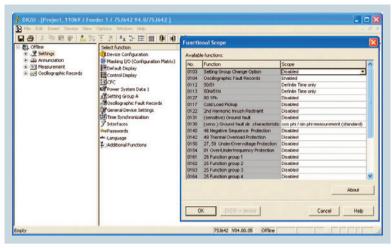


Рисунок 6.2-56: Главное меню DIGSI 4, выбор защитных функций



Рисунок 6.2-57: Матрица ранжирования DIGSI 4

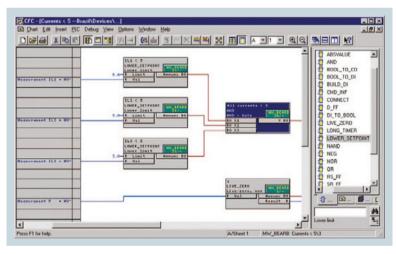


Рисунок 6.2-58: Логическая схема СFC

6.2 Системы релейной защиты

Наладка и ввод в эксплуатацию

Особое внимание уделено процессу наладки и ввода устройств в эксплуатацию. Каждый из дискретных входов и выходов устройства может быть настроен и проверен отдельно. Таким образом облегчается процесс проверки схемы соединения устройств. Сигналы могут передаваться по последовательному интерфейсу специально для испытательных целей.

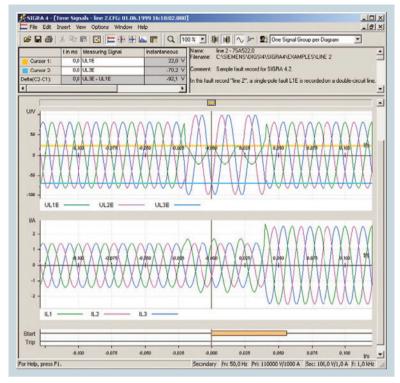


Рисунок 6.2-59: Обычное представление сигналов, изменяющихся во времени

Конфигуратор системы МЭК 61850

Конфигуратор системы МЭК 61850 (запускается из менеджера системы) используется для определения структуры сети МЭК 61850 и задает объем данных, которыми обмениваются участники станции МЭК 61850. Для этого в рабочую область «сеть» при необходимости добавляются подсети, доступные участники привязы¬ваются к подсетям, и назначаются адреса. Рабочая область «ранжирование» используется для выполнения связи между объектами данных участников сети. Например, возможно реализовать обмен сигналом пуска функции максимальной токовой защиты с обратно зависимой от напряжения характеристикой выдержки времени ступени I> отходящей линии 1 с устройством защиты питающего присоединения для блокировки его функции максимальной токовой защиты с обратно зависимой характеристикой от напряжения выдержки времени ступени I>> (см. рис. 6.2-68).

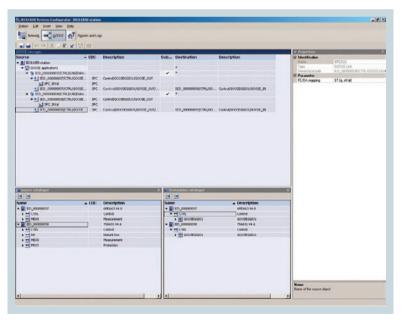


Рисунок 6.2-60: Конфигуратор системы МЭК 61850

SIGRA 4 – мощное ПО для анализа осциллограмм, записанных устройствами РЗА



Описание

При возникновении повреждения на линии очень важно выполнить быстрый и исчерпывающий анализ полученных данных, позволяющий определить причину повреждения и выработать соответствующие решения по ее устранению. Благодаря этому возможно быстро восстановить исходный режим работы линии и сократить до минимума время ее простоя. SIGRA 4 позволяет работать с аварийными осциллограммами цифровых устройств защиты и регистраторов аварийных процессов. Записанные данные могут быть измерены и представлены в различных видах в зависимости от конкретной задачи.

В дополнение к традиционной форме отображения измеряемых сигналов в зависимости от времени данные могут быть представлены в виде векторных диаграмм, круговых диаграмм, гистограмм для отображения гармонического состава сигналов, а также в табличном виде. На основе измеренных величин, записанных в аварийной осциллограмме, SIGRA 4 позволяет вычислить следующие величины: отсутствующие величины трехпроводной системе, полные сопротивления, выходные величины, симметричные составляющие и др. Использование двух измерительных курсоров позволяет просто и удобно анализировать аварийную осциллограмму. SIGRA позволяет добавлять к текущей осциллограмме данные другого повреждения. При этом сигналы другой осциллограммы (например, с противоположного конца линии) добавляются к уже открытой записи путем «перетаскивания (Drag&Drop)». SIGRA 4 предоставляет уникальную возможность отображения сигналов из различных записей повреждения на одной диаграмме с их полной автоматической синхронизацией по времени. При анализе аварийного события на линии особый интерес представляет определение места повреждения.

Точное определение места повреждения помогает сэкономить время, затрачиваемое на осмотр линии при обходе. SIGRA 4 реализует функцию определения места повреждения в режиме офлайн.

SIGRA 4 может использоваться для анализа любых аварийных осциллограмм, записанных в формате COMTRADE.

Тем не менее, все функциональные возможности и преимущества SIGRA 4 могут быть оценены только при непосредственном использовании данного ПО. Для этого в течение 30 дней можно использовать бесплатно trial-версию SIGRA 4.

Обзор функций

- 6 типов диаграмм: изменение сигнала во времени (традиционный), круговая диаграмма (например, для R/X), векторная диаграмма (для измерения углов), гистограмма (например, для отображения гармонического состава), таблица (список значений нескольких сигналов в один и тот же момент времени) и определение места повреждения (отображает местоположение повреждения)
- Вычисление дополнительных величин, например, сопротивления прямой последовательности, действующих значений, симметричных составляющих, векторов и т. д.
- Два измерительных курсора, синхронизированных для каждого типа представления данных
- Функция увеличения изображения
- Удобное для пользователя конфигурирование при помощи «перетаскивания»
- Инновационное конфигурирование сигналов при помощи четко структурированной матрицы
- Возможность использования профилей пользователя, которые могут быть привязаны к определенным типам реле или серии устройств
- Добавление других записей аварийных событий к существующей записи
- Синхронизация по времени нескольких записей аварийных событий
- Простота документирования путем копирования диаграмм в другие приложения MS Windows
- Определение места повреждения в режиме офлайн

Аппаратные требования

- Процессор Pentium 4 1 ГГц или аналогичный
- 1 ГБ оперативной памяти (рекомендуется 2 ГБ)
- Графический дисплей с разрешением 1024 x 768 (рекомендуется 1280 x 1024)
- 50 МБ свободного пространства на жестком диске
- Привод DVD-ROM
- Клавиатура и мышь

Программные требования

- MS Windows XP Professional
- MS Windows Vista Home Premium, Business и Ultimate
- MS Windows Server 2003 Standard Edition c Service Pack 2, используемый как компьютер Workstation
- MS Windows 7 Professional и Enterprise Ultimate

6.2 Системы релейной защиты

Функции

Различные варианты представления данных повреждения

В дополнение к традиционной форме отображения измеряемых сигналов в зависимости от времени SIGRA 4 позволяет представить данные в виде круговых диаграмм (например, диаграмм R/X), векторных диаграмм (отображающих фазовые соотношения), гистограмм (для отображения гармонического состава сигналов). Для этих целей SIGRA на основе записанных в осциллограмме величин вычисляет дополнительные величины, например, сопротивления прямой последовательности, действующие значения, симметричные составляющие, векторы и т. Д.

Измерение записанных в осциллограмме величин Использование двух курсоров позволяет быстро и удобно производить измерения записанных и расчетных величин. Измеренные значения, соответствующие позициям курсоров, и разница данных значений представляются в табличном виде. Курсоры работают интерактивно и сквозь все окна, т. е. в каждом окне движение курсоров синхронизируется. Таким образом линия курсора позволяет одновременно отслеживать, например, момент возникновения повреждения на временном графике и на круговой диаграмме. Мощная функция увеличения изображения позволяет анализировать даже мельчайшие детали кривых изменения сигналов. Окна в SIGRA 4 можно адаптировать под произвольное количество диаграмм, а каждую диаграмму – под произвольное количество сигналов.

Рабочие характеристики

Основной целью разработчиков SIGRA 4, работающих совместно со специалистами по эргономике и дизайну, являлось создание простой, интуитивно понятной и дружественной системы.

- Цвета всех линий подобраны таким образом, чтобы они были легко читаемыми и хорошо различимыми. Тем не менее, цвета, стили линий, масштаб и другие средства визуализации возможно настроить в соответствии с индивидуальными требованиями.
- Возможность настройки различных всплывающих меню позволяет избежать перемещения по многочисленным уровням меню, чем повышается общая эффективность работы.
- Простое и интуитивно понятное конфигурирование отдельных диаграмм: объектно-ориентированные измеренные величины можно перетаскивать с одной диаграммы на другую (это справедливо также и для диаграмм различных типов).
- «Привязка к сетке» и «привязка к объекту» при перемещении курсоров повышает точность и легкость их размещения.
- Резервирование. Большинство пользовательских задач возможно решить, используя до пяти различных методов, таким образом обеспечивается легкость освоения данного ПО.
- Использование доступного пространства экрана автоматически оптимизируется при помощи специальной функции, которая, так же как и функция «синхронизированных курсоров мыши» запатентована.

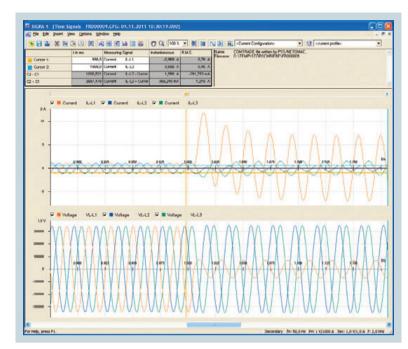


Рисунок 6.2-62: Обычное представление сигналов, изменяющихся во времени

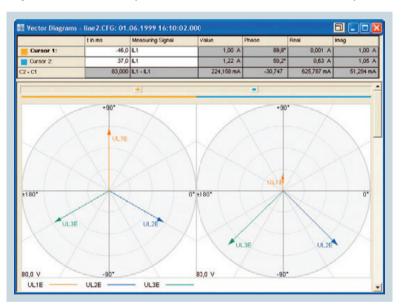


Рисунок 6.2-63: Векторные диаграммы

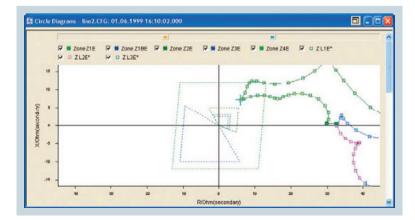


Рисунок 6.2-64: Круговые диаграммы

Полезные инструменты помогают в повседневной работе:

- Возможность сохранения настроенных пользователем экранов (например, увеличение, размер) в так называемых профилях пользователя, и их привязка к определенным типам или сериям реле. При необходимости на панели инструментов можно выбрать соответствующий профиль, и вывести на экран запись повреждения в требуемом виде. В таком случае не нужно тратить время на прокрутку, увеличение изображения, изменение размера или перемещение окон
- Возможность добавления других записей аварийных событий к существующей записи, например, с противоположного конца линии.
- Специальная функция позволяет синхронизировать по времени несколько аварийных осциллограмм, что значительно повышает качество анализа аварийного события.
- Определение места повреждения (ОМП) на основе данных с одного конца линии (измеренные токи и напряжения), импортируемых из цифрового устройства защиты в SIGRA 4. ОМП в SIGRA 4 запускается пользователем, а результат выдается в % или км длины линии, в зависимости от заданных параметров.
- ОМП на основе данных с двух концов линии. В данном алгоритме ОМП не используется сопротивление нулевой последовательности. Это позволяет избавиться от ошибок расчета, обусловленных сопротивлением земли или влиянием тока нулевой последовательности параллельной линии. ОМП выполняется корректно также и для повреждений через переходное сопротивление с двухсторонней подпиткой. Влияние указанных выше факторов исключается путем импорта в SIGRA данных повреждения с двух сторон линии. При этом импортированные данные синхронизируются в SIGRA, затем начинается расчет места повреждения. Исходя из сказанного выше, следует, что ОМП не зависит от сопротивления нулевой последовательности и условий подпитки места повреждения, но выдает точный результат. Благодаря этому возможно быстро начать поиск места повреждения на линии.
- Возможность добавления так называемых меток, которые можно вставлять в любой точке осциллограммы и сопровождать их необходимыми комментариями. Каждая отдельная диаграмма может быть скопирована в документ другой программы MS Windows посредством буфера обмена. Таким образом, документирование выполняется максимально просто.

Объем поставки

ПО легко и быстро устанавливается с CD-ROM, а также имеет полноценную справочную систему. Справочная система — простое и понятное руководство, содержащее пошаговые инструкции по использованию SIGRA.

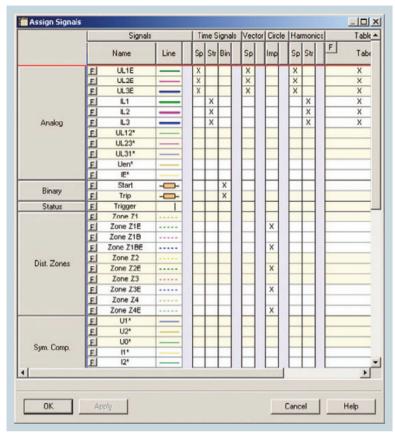


Рисунок 6.2-65: Матрица ранжирования для определения сигналов, выводящихся на диаграммы

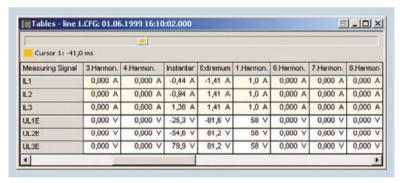


Рисунок 6.2-66: Табличный вид представления данных для определенного момента времени

6.2.4 Типовые схемы защит

1. Кабельные и воздушные линии электропередачи

Радиальные сети

Примечания:

- 1) Автоматическое повторное включение (АПВ, ANSI 79) применяется только для воздушных линий.
- Максимальная защита по току обратной последовательности (46) применяется в качестве чувствительной резервной защиты от несимметричных повреждений.

Общие указания:

- Защита наиболее удаленной от источника питания линии (D) имеет наименьшую выдержку времени срабатывания. Защита предыдущей линии (более близкой к источнику питания) имеет выдержку времени срабатывания на ступень селективности 0.3 с больше выдержки времени срабатывания защиты последуюшей линии.
- Выбор обратно зависимой или независимой характеристики выдержки времени обуславливается следующими условиями:
 - Независимая характеристика выдержка времени:
 - Сопротивление источника питания велико по сравнению с сопротивлением линии, что приводит к незначительной разнице токов повреждения при повреждении в начале и в конце линии.
 - Обратно зависимая характеристика выдержка времени:
 Длинные линии, где токи повреждения в конце линии значительно меньше токов повреждения в начале линии.
 - Сильно или чрезвычайно инверсная обратно зависимая характеристика выдержки времени:
 Линии с большим сопротивлением в сравнении с сопротивлением источника питания (большое различие токов повреждения в конце линии и токов повреждения в начале линии) или линии, где требуется согласование защиты с предохранителями или реклоузерами. Крутые характеристики обеспечивают лучшую отстройку от переходных токов, возникающих при подаче питания (токи холодного пуска, броски тока намагничивания трансформаторов).

Кольцевые сети

- Выдержки времени срабатывания максимальных токовых защит необходимо согласовывать с характеристиками срабатывания нижестоящих предохранителей защиты трансформаторов, питающих нагрузку (предпочтительно использовать сильно инверсную обратно зависимую характеристику выдержки времени со ступенью селективности 0.2 с).
- Защита от тепловой перегрузки для кабельных линий (опционально).
- Максимальная защита по току обратной последовательности (46) применяется в качестве чувствительной защиты от несимметричных повреждений (опционально).

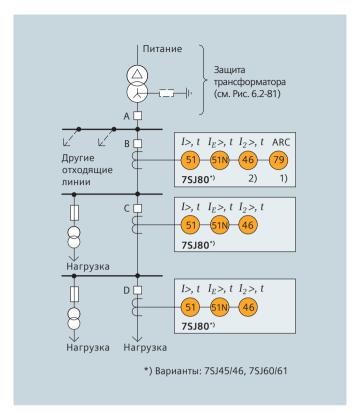


Рисунок 6.2-67: Радиальные сети

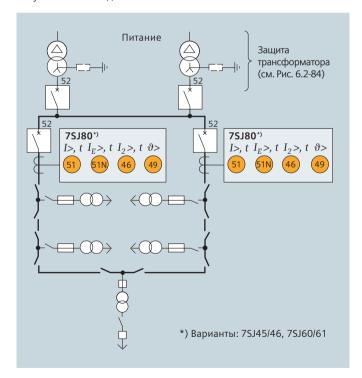


Рисунок 6.2-68: Кольцевая сеть

Защита при включении на повреждение

При включении на повреждение выполняется мгновенное отключение. Если используется внутренняя функция управления (местное, через дискретный вход, через последовательный интерфейс), то функция ручного включения доступна без каких-либо дополнительных подключений к устройству. В случае, когда ключ управления подключен к выключателю в обход внутренней функции управления, то сигнал ручного включения необходимо подавать на устройство на специально предназначенный для этого дискретный вход.

Защита со сравнением направлений (перекрестное взаимо-

Защита со сравнением направлений используется для селективной защиты секций шин с двухсторонним питанием и действует без выдержки времени, что является преимуществом по сравнению с защитами, требующими согласования выдержек времени. Данная защита применяется в тех случаях, когда расстояние между взаимодействующими устройствами невелико и присутствует возможность использования кабелей связи для передачи сигналов. В дополнение к защите со сравнением направлений, в качестве селективной резервной защиты применяется направленная максимальная токовая защита, работающая с выдержкой времени. Если рассматриваемая защита используется в замкнутых сетях, то она обеспечивает функцию обнаружения разрыва транзитной линии.

Распределительная линия с реклоузерами

- Рабочие характеристики защит отходящей линии, выдержки времени, циклы АПВ должны быть согласованы с характеристиками нижестоящих реклоузеров, секционирующих элементов и предохранителей. Защищаемая мгновенными токовыми защитами 50 / 50N зона обычно устанавливается такой, чтобы она охватывала первую точку секционирования основной линии. Таким образом обеспечивается быстрая ликвидация близких к источнику питания повреждений и предотвращается перегорание предохранителей в защищаемой зоне («сохранение предохранителей выполняется быстрое АПВ. Выдержки времени срабатывания защиты при последующих отключениях и настройки кратов АПВ (обычно АПВ выполняется двух- или трехкратным) должны быть согласованы с выдержкой времени срабатывания реклоузера.
- Если выключатель отключается на длительное время, то при включении уставка максимальной токовой защиты должна автоматически загрубляться для отстройки от режимов холодного запуска и бросков тока намагничивания трансформаторов.

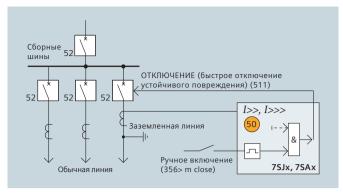


Рисунок 6.2-69: Защита при включении на повреждение

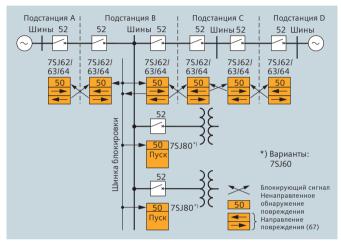


Рисунок 6.2-70: Защита со сравнением направлений

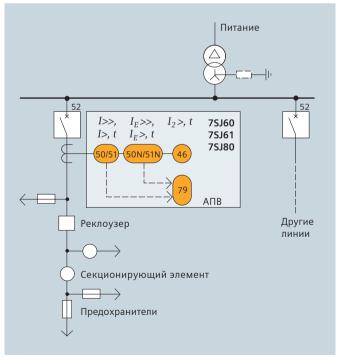


Рисунок 6.2-71: Распределительная линия с реклоузерами

6.2 Системы релейной защиты

Трехфазное многократное автоматическое повторное включение (АПВ, ANSI 79)

Автоматическое повторное включение (АПВ) осуществляет Трехфазное повторное включение отходящей линии, отключенной максимальной токовой защитой.

Устройство SIPROTEC 7SJ61 позволяет реализовать до девяти кратов АПВ. Времена бестоковых пауз для первых четырех кратов АПВ возможно настраивать независимо. Функция АПВ может быть запущена или заблокирована внутренне, либо посредством дискретного входа. После первого отключения в последовательности циклов АПВ быстродействующие токовые отсечки (I>>>, I>>, IE>>) могут быть заблокированы. Такая логика используется для схем с «сохранением предохранителей» и других схем, где вместо предохранителей применяются простые максимальные токовые защиты. При этом ступени максимальной токовой защиты с более низкими токами срабатывания (I>, IE>) и ступени с обратно зависимой характеристикой выдержки времени (Ip, IEp) остаются введенными в работу на протяжении всей последовательности циклов АПВ.

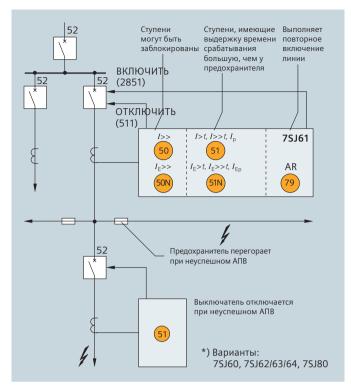


Рисунок 6.2-72: Трехфазное многократное автоматическое повторное включение (АПВ, ANSI 79)

Питание 7SJ60 I>, t $I_E>$, t $\vartheta>$ Защита, аналогичная Воздушная или Воздушная или защите воздушной кабельная линия 1 кабельная пиния 2 или кабельной линии 1 7SJ62 75180 52 Нагрузка Нагрузка

Рисунок 6.2-73: Параллельные линии

Параллельные линии

- Данную схему рекомендуется применять при необходимости обеспечения надежного энергоснабжения ответственных потребителей без значительной подпитки со стороны нагрузки.
- Направленная максимальная токовая защита 67 / 67N работает без выдержки времени при повреждениях на защищаемой линии. Таким образом время срабатывания максимальной токовой защиты питающего присоединения уменьшается на ступень селективности.
- Выдержка времени срабатывания максимальных токовых защит 51 / 51N должна быть согласована с вышестоящими защитами.

Контроль реверса мощности при двухстороннем питании

Если сборные шины питаются от двух параллельных линий, и повреждение возникает на одной из них, то для сохранения питания шин необходимо селективно отключить только поврежденную линию. Для этих целей следует использовать устройства, реагирующие на ток КЗ или поток мощности, текущие от шин в питающую линию. Ток срабатывания направленной максимальной токовой защиты обычно отстраивается от тока нагрузки. Однако данная защита часто оказывается нечувствительной к повреждениям, сопровождающимся малыми токами повреждения. Защита по обратной мощности (с контролем реверса мощности) может иметь уставку срабатывания значительно меньшую, чем номинальная мощность. Таким образом обеспечивается ее чувствительность к повреждениям на питающей линии, сопровождающихся протеканием токов повреждения, значительно меньших тока нагрузки, а, следовательно, и небольшой обратной мошности.

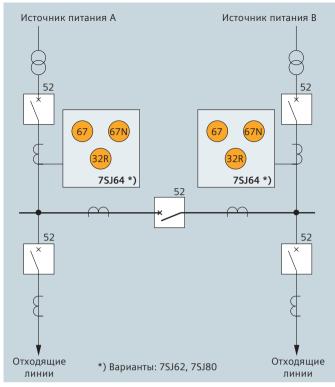


Рисунок 6.2-74: Контроль реверса мощности при двухстороннем питании

Функция контроля синхронизма

Примечание:

. Функция доступна для реле 7SA6, 7SD5, 7SA522, 7VK61.

- При необходимости объединения двух энергосистем применение функции контроля синхронизма обеспечивает их синхронное включение без риска потери устойчивости.
- Данная функция может работать совместно с функцией автоматического повторного включения, а также совместно с функцией управления при подаче команды ВКЛЮЧЕНИЯ (местное / дистанционное).

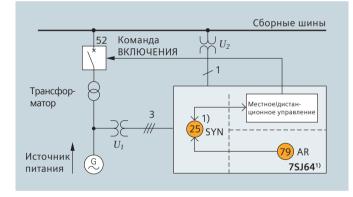


Рисунок 6.2-75: Функция контроля синхронизма

6.2 Системы релейной защиты

Кабели или короткие воздушные линии с двухсторонним питанием

Примечания:

- Автоматическое повторное включение применяется только для воздушных линий.
- 2) Варианты дифференциальной защиты:
- Устройства типа 7SD5 или 7SD610 с непосредственным соединением по оптоволоконному каналу связи длиной до 100 км или через канал связи 64 кбит/с (оптоволокно/ радиоканал в микроволновом диапазоне частот)
- Устройства типа 7SD52 или 7SD610 с 7XV5662 (CC-CC) с 2-х и 3-х жильными кабелями связи длиной до 30 км
- Устройства типа 7SD80 с проводным каналом связи и/или оптоволоконным интерфейсом обмена данными защитами.

Кабели или воздушные линии средней длины с двухсторонним питанием

Примечания:

- 1) Логика работы защиты с телеускорением (85) для телеотключения или блокирующих схем. Телесигналы передаются посредством проводных каналов связи, каналов ВЧ связи, цифровой сети или по оптоволоконному каналу (поставляется отдельно). Телезащиты применяются только в тех случаях, когда требуется быстрое устранение повреждений на 100% длины линии, т. е. устранение повреждения вблизи дальнего конца линии с выдержкой времени срабатывания второй ступени защиты (около 0.3 с) недопустимо. Более подробная информация о схемах телезащиты приводится в таблице, представленной на следующей странице.
- 2) Направленная токовая защита нулевой последовательности (67N) с обратно зависимой характеристикой выдержки времени для устранения замыканий на землю через большое переходное сопротивление
- Автоматическое повторное включение (79) применяется только для воздушных линий.

Системообразующие линии

Примечание:

При возможности следует использовать обмотку ТН, соединенную в разомкнутый треугольник. Тем не менее, реле 7SA6 / 522 и 7SJ62 могут использовать расчетное напряжение нулевой последовательности.

- В качестве основной защиты применяется дистанционная защита со схемами телезащиты, в качестве резервной направленная максимальная токовая защита со ступенчатой характеристикой выдержек времени.
- Функция 67N устройств 7SA6 / 522 обеспечивает дополнительную защиту от замыканий на землю через большое переходное сопротивление. Данную функцию можно использовать параллельно с функцией 21 / 21N.
- Рекомендуемые схемы телезащит: схема PUTT (передача разрешающего сигнала для ступени с неполным охватом) применяется для линий большой и средней длины при использовании ВЧ связи по ЛЭП с фазо-частотной манипуляцией или имеющих другой надежный канал связи, схема POTT (передача разрешающего сигнала для ступени с полным охватом) применяется для коротких линий. БЛОКИРУЮЩАЯ схема применяет¬ся для линий любой длины при использовании ВЧ связи по ЛЭП с амплитудной модуляцией (Вкл / Выкл).

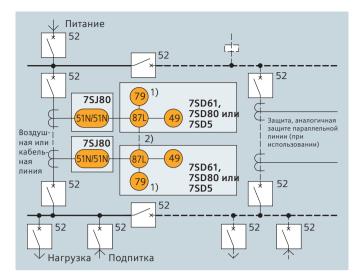


Рисунок 6.2-76: **Кабели или короткие воздушные линии с двухсто-** ронним питанием

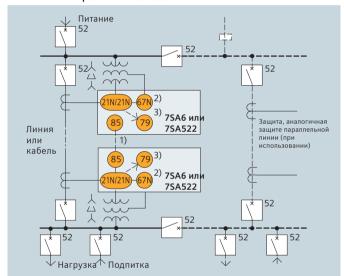


Рисунок 6.2-77: Кабели или воздушные линии средней длины с двухсторонним питанием

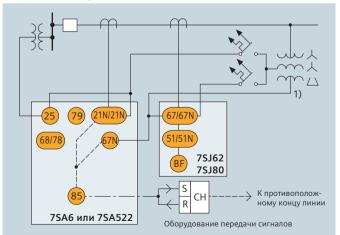


Рисунок 6.2-78: Системообразующие линии

6.2 Системы релейной защиты

		Передача разрешающего сигнала для ступени с неполным охватом (PUTT)	Передача разрешающего сигнала для ступени с полным охватом (РОТТ)	Блокировка	Деблокировка
Наиболее подходящая область при- менения	Способ передачи сигнала	Надежный канал связи: ВЧ связь по ЛЭП с фазо-ча ВЧ сигнал передается по 2 или же по параллельной л избежать передачи сигнал (наилучший вариант). Радиоканалы с микроволн особенно цифорвые (РСМ. Оптоволоконные кабели.	фазам защищаемой линии инии инии инии для того, чтобы а через место повреждения овым диапазоном частот,	Канал связи с высокой надежностью (используется только при внешних повреждениях) В И связь по ЛЭП с ампитудной модуляцией (ВКЛ / ВЫКЛ). (Возможно использовать одну и ту же частоту для всех концов линии)	Выделенный канал с непрерывной передачей сигнала ВЧ связь по ЛЭП с фазо-частотной манипуляцией. Должна быть разрешена непрерывная передача сигнала.
	Конфигурация линии	Обычно применяется на линиях средней и большой длины, где ступень с неполным охватом обеспечивает достаточную чувствительность к повреждениям с большим переходным сопротивлением	 Короткие линии, особенно, если ожидаются большие переходные сопротивления. Подходит для применения на многоконцевых линиях с промежуточной подпиткой. 	Все типы линий (практика США)	То же, что и для РОТТ
Преимущества		• Простота. • Нет необходимости в согласовании ступеней и выдержек времени защит, расположеных на противоположных концах. Нет ограничений при совместном использовании различных типов реле.	 Может применяться без ступени 1 с неполным охватом (например, перекомпенсированные последовательно нескомпенсированные линии) Может применяться на чрезвычайно коротких линиях (сопротивление которых меньше минимально возможной уставки реле) Хорошо подходит для параллельных линий, т. к. взаимоиндукция не оказывает сильного влияния на работу ступени с полным охватом Нет проблем, связанных со слабым питанием концов линии (включена логика эхо-функции и логика слабой подпитки) 	То же, что и для РОТТ	То же, что и для РОТТ, однако: • Если отсутствует принимаемый сигнал (нет блокирующего сигнала и некомпенсированного блокирующего сигнала), то по истечении 20 мс от ступени с полным охватом выдается команда на отключение
Недостатки				 То же, что и для РОТТ Медленное отключение, обусловленное необходимостью ввода выдержки времени для ожидания блокирующего сигнала. Невозможность постоянного контроля исправности канала связи. 	То же, что и для РОТТ

Таблица 6.2-2: Условия применения наиболее часто используемых схем телеускорения защиты

6.2 Системы релейной защиты

Транзитная линия с реактором (рис. 6.2-79)

Примечания:

- 1) 51N применяется только в том случае, если реактор имеет заземленную нейтраль.
- Если отсутствует возможность использовать фазные ТТ, установленные со стороны нейтральных выводов реактора, то ТТ со стороны линейных выводов и ТТ, установленный в нейтрали, можно подключить к дифференциальной защите от замыканий на землю, для чего используется высокоомное реле 7VH60.

- Реле дистанционной защиты рекомендуется использовать в качестве 1-го и 2-го комплексов основных защит. Для линий с продольной компенсацией рекомендуется использовать два одинаковых реле 7SA6 (дублирование).
- Время срабатывания дистанционной защиты в зависимости от конкретных условий повреждения лежит в диапазоне от 15 до 25 мс. Данное время срабатывания относится к повреждениям, находящимся в защищаемой зоне ступени с неполным охватом (80 .. 85 % длины линии). Повреждения, возникающие вблизи противоположного конца линии, должны ликвидироваться при помощи схем телезащиты. Общее время срабатывания таких схем зависит от времени передачи сигнала по каналу связи: для схем с фазо-частотной манипуляцией на звуковой частоте и схем с радиоканалами связи оно составляет обычно от 15 до 20 мс, для схем с амплитудной модуляцией и схем с цифровыми сигналами по мультиплексированным каналам, передающихся по оптоволоконным каналам связи, менее 10 мс.

- Таким образом, схемы телезащиты, использующие цифровые мультиплексированные каналы связи, имеют время срабатывания от 25 до 30 мс. Следовательно, если используются современные выключатели со временем отключения порядка 40 мс, то общее время устранения повреждения составляет меньше 100 мс (от 4 до 5 периодов).
- Для 1-го и 2-го комплексов защит рекомендуется применять различные принципы для схем телезащиты, например, PUTT и POTT, или блокировка / деблокировка.
- Устройства 7SA522 и 7SA6 предоставляют возможность селективного действия на 1-фазное и / или 3-фазное отключение и выполнение АПВ. Направленная токовая защита нулевой последовательности (ТНЗНП) со сравнением направлений (67N), реализованная в реле 7SA6, использует фазовые селекторы, работающие с симметричными составляющими. Поэтому однофазное АПВ (ОАПВ) также может выполняться и при устранении повреждений через большое переходное сопротивление. Функция 67N реле 7SA522 также может использоваться в качестве резервной направленной максимальной токовой защиты отзамыканий на землю, работающей с выдержкой времени.
- Функция 67N является защитой от повреждений с большим переходным сопротивлением. Для 67N часто реализуется схема телеускорения, работающая с отдельным каналом. Использование общего с дистанционной защитой канала возможно только в том случае, если схемы телезащит обеих защит совместимы (например, POTT со сравнением направлений). Возможно выполнить блокировку 67N при пуске функции 21 / 21N. Также данная защита может выполнять функции резервной защиты, работающей с выдержкой времени.

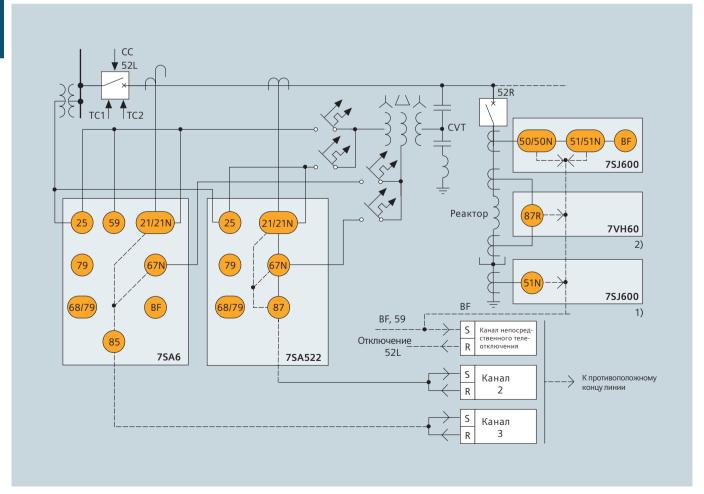


Рисунок 6.2-79: Транзитная линия с реактором

Транзитная линия или кабель (с широкополосной связью)

Общие указания:

- Сегодня все более часто становится доступной цифровая связь с РСМ модуляцией между противоположными концами линии с использованием прямого соединения по оптоволокну, с применением радиосвязи типа точка-точка, либо посредством многоцелевой цифровой сети связи.
 - Во всех перечисленных выше случаях возможно использовать реле дифференциальной защиты 7SD52/61. Данная защита является защитой с абсолютной селективностью. Фазовая селективность обеспечивается за счет пофазных измерений. На работу дифференциальной защиты не оказывают влияния качания мощности и взаимоиндукция параллельной линии. Более того, данная защита не требует подключения к ТН. т.к. работает только с измеряемыми токами. Следовательно, защита не подвержена негативным явлениям, вызванным переходными процессами в емкостных ТН. Поэтому дифференциальная защита хорошо подходит для применения на многоцепных линиях, где возможно возникновение наиболее сложных повреждений. При использовании прямого соединения посредством выделенного оптоволоконного канала связи устройства 7SD5/61 могут осуществлять защиту линий длиной до 120 км (см. также применение 10), а при использовании отдельных устройств РСМ для связи по оптоволоконному каналу или микроволновому радиоканалу возможно выполнить защиту линий гораздо большей длины. При этом 7SD5/61 использует только небольшую часть (64-512 кбит/с) общей пропускной способности канала (порядка Мбит/с).
- Реле 7SD52/61 возможно использовать совместно с реле дистанционной защиты 7SA52 или 7SA6 для формирования второго основного комплекса защит, работающего на других принципах (рис. 6.2-80). Таким образом достигается очень высокая степень надежности системы. Также рекомендуется использовать различные каналы связи для разных комплексов защит, например, оптоволоконный или радиоканал и ВЧ канал. Дифференциальная защита имеет время срабатывания около 15 мс (включая время передачи сигнала) для повреждений на всей длине линии.

Общие указания для рис. 6.2-81:

- Устройства SIPROTEC 7SD5 являются комбинацией дублирующих друг друга реле дифференциальной и дистанционной защит, дополненных одним устройством управления ячейкой, и обладают как высокой скоростью срабатывания, так и превосходной чувствительностью даже при самых сложных повреждениях. Точный алгоритм определения места повреждения позволяет сократить время, затрачиваемое на послеаварийный обход линии, и сокращает до минимума время простоя линии.
- Быстродействующая дистанционная защита работает полностью независимо от дифференциальной защиты. Резервные ступени обеспечивают дальнее резервирование смежных линий и других элементов энергосистем.

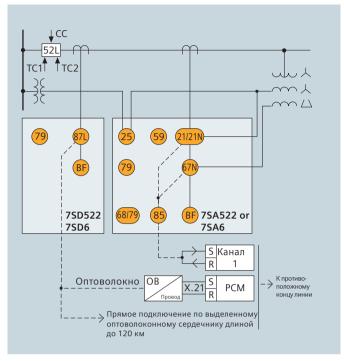


Рисунок 6.2-80: Защита транзитной линии с резервированием

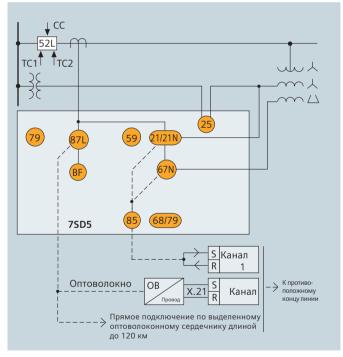


Рисунок 6.2-81: Защита транзитной линии, выполненная на одном устройстве с применением второго алгоритма основной защиты

6.2 Системы релейной защиты

Транзитная линия, подключенная по полуторной схеме

Примечания:

- 1) В случае, когда линия и линейный разъединитель отключены, большие сквозные токи КЗ, проходящие через поле, из-за различной степени насыщения ТТ могут привести к излишнему срабатыванию дистанционной защиты. В таком случае следует выполнять блокировку дистанционной защиты (21 / 21N) и ТНЗНП (67N) от блок-контакта линейного разъединителя. При этом для защиты участка между выключателями в работу вводится функция MT3 (50 / 51N, 51 / 51N) - защита «мертвой зоны» ошиновки.
- Защита от повышения напряжения доступна только для устройств 7SA6 / 52.

Общие указания:

- Представлены защитные функции одного поля полуторной схемы
- 1-й и 2-й комплексы защит включаются на сумму токов двух TT. TT с двух сторон выключателя обычно устанавливаются для подстанций с баковыми выключателями. Колонковые выключатели с целью уменьшения их стоимости могут снабжаться TT только с одной стороны. В таком случае повреждение между выключателем и ТТ (мертвая зона) может оставаться неустраненным даже после отключения выключателя. Следовательно, при этом должно быть допустимо каскадное устранение такого повреждения.

Реле 7VK61 выполняет функцию защиты мертвой зоны, работающей на отключение выключателей, через которые осуществляется подпитка места повреждения.

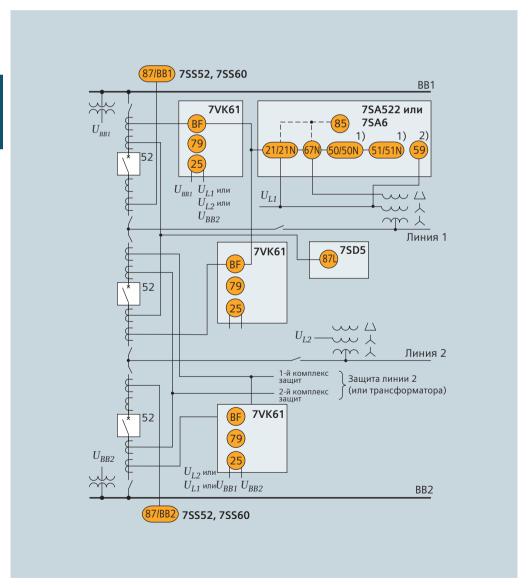


Рисунок 6.2-82: Транзитная линия, подключенная по полуторной схеме, с использованием 3 реле управления выключателем 7VK61

Общие указания для рис. 6.2-82 и рис. 6.2-83:

- Выбор состава 1-го и 2-го комплексов защиты линии осуществляется в соответствии с рекомендациями, приведенными в комментариях к рис. 6.2-77 и 6.2-78.
- Функции АПВ (79) и контроля синхронизма (25) привязываются непосредственно к соответствующим выключателям, и параллельно управляются 1-м и 2-м комплексами защит линии. При возникновении повреждения на линии защита действует на отключение обоих смежных выключателей. Последовательность выполнения АПВ обоих выключателей или (как вариант) АПВ одного выключателя и ручное включение второго может задаваться при помощи ключа управления.
- Для обеспечения селективной взаимоблокировки отключения и правильной работы АПВ двух выключателей одной линии (или фидера трансформатора) необходимо применять соответствующую схему цепей управления.

• Напряжения, используемые функцией контроля синхронизма, должны выбираться в соответствии с положением выключателя и разъединителя посредством подключения соответствующих цепей напряжения.

Общие указания для рис. 6.2-83:

• В данном случае устройство 7VK61 используется только для управления центральным выключателем. Функции 25, 79 и УРОВ линейных выключателей реализованы в устройствах защиты линии 7SA522 или 7SA6.

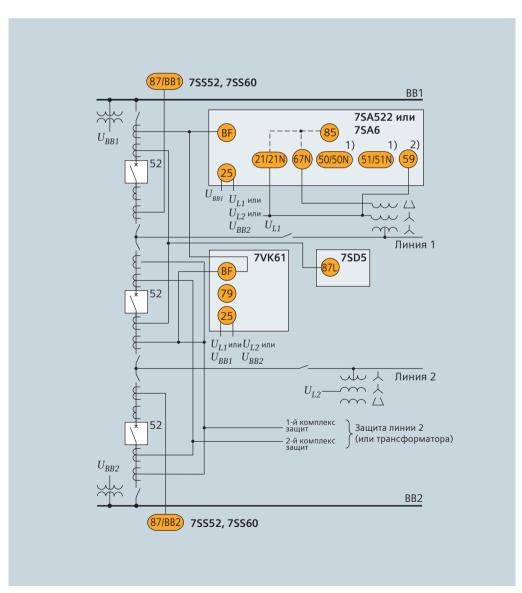


Рисунок 6.2-83: Транзитная линия, подключенная по полуторной схеме, с использованием 1 реле управления выключателем 7VK61

2. Трансформаторы

Понижающий трансформатор малой мощности

Общие указания:

- Для защиты от замыканий на землю на стороне низшего напряжения трансформатора используется реле максимальной токовой защиты 51N. Однако, данная защита должна быть отстроена по времени от защит отходящих линий.
- Для быстрого устранения замыканий на землю на стороне низшего напряжения трансформатора возможно дополнительно использовать реле дифференциальной защиты от замыканий на землю 87N.
 - Реле 7VH60 относится к высокоомным реле и требует для работы ТТ класса РХ с одинаковыми коэффициентами трансформации.
- Выключатель на стороне высшего напряжения и реле можно заменить предохранителями.

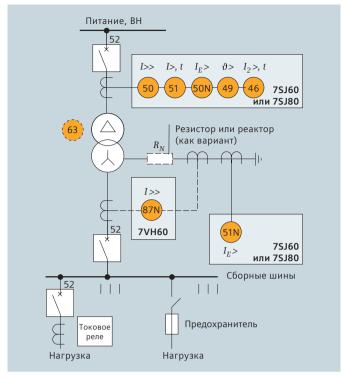


Рисунок 6.2-84: Понижающий трансформатор малой мощности

Мощный или ответственный понижающий трансформатор

Общие указания:

• Реле 7UT612 выполняет цифровую коррекцию коэффициентов трансформации ТТ и группы соединения обмоток трансформатора. Нет необходимости в применении выравнивающих трансформаторов, использующихся в классических схемах защиты.

Примечания:

- 1) При необходимости выполнения независимой высокоомной защиты от замыканий на землю ее можно реализовать при помощи устройства 7VH60 вместо использования функции 87N в реле 7UT612. Однако в этом случае также необходимо использовать ТТ класса РХ (см. защиту понижающего трансформатора малой мощности).
- При необходимости функции 51 и 51N возможно реализовать при помощи отдельного устройства 7SJ60.

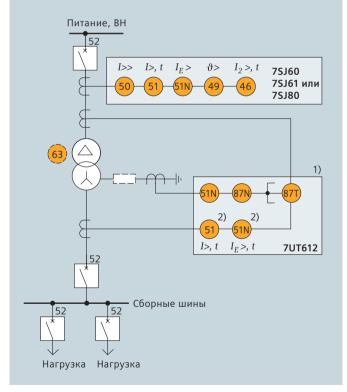


Рисунок 6.2-85: Мощный или ответственный понижающий трансформатор

6.2 Системы релейной защиты

Одиночный трансформатор, питающийся от двух источников

Общие указания:

- Линейные ТТ следует подключать к отдельным входам для торможения дифференциального реле 87Т для обеспечения устойчивой работы защиты при протекании сквозных токов повреждений.
- Реле 7UT613 выполняет цифровую коррекцию коэффициентов трансформации ТТ и группы соединения обмоток трансформатора. Нет необходимости в применении выравнивающих трансформаторов, использующихся в классических схемах защиты.

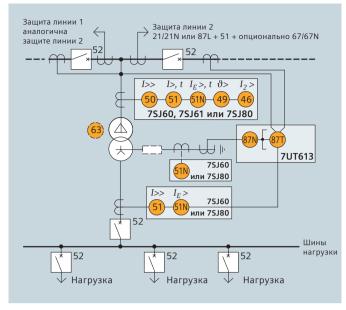


Рисунок 6.2-86: Одиночный трансформатор, питающийся от двух источников

Источник 52 52 $I_F >$, $t \theta >$ *I*>, *t* I>> $I_2 >$, t (46) 75J60, 75J61 или 75J80 Защита (63) аналогична зашите источника *I>*, *t* $\uparrow I > \uparrow I_E >$ $I_E >$, t питания 1 51 7SJ62 7SJ80 1) 52 52 Нагрузка

Рисунок 6.2-87: Параллельно работающие трансформаторы

Параллельно работающие трансформаторы

Примечание:

Направленные защиты 67 и 67N не применяются в том случае, если трансформаторы защищаются дифференциальными реле 87T.

Параллельно работающие трансформаторы с секционным выключателем на стороне низшего напряжения

Общие указания:

• Токовые реле 51, 51N подключаются по неполной дифференциальной схеме. Таким образом обеспечивается простая и быстродействующая защита шин, а при согласовании защит по времени экономится одна ступень селективности.

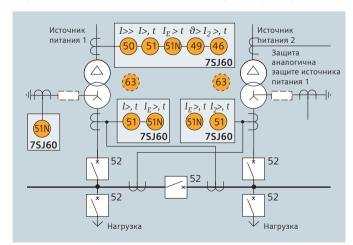


Рисунок 6.2-88: Параллельно работающие трансформаторы с секционным выключателем на стороне низшего напряжения

Трехобмоточный трансформатор

Примечания:

1) Из токов, подводимых к дифференциальному реле, необходимо исключить составляющие нулевой последовательности. Это достигается путем соединения ТТ в треугольник на стороне трансформатора с заземленной нейтралью. Таким образом обеспечивается правильная работа защиты при внешних замыканиях на землю (в цифровых реле исключение токов нулевой последовательности выполняется программно). Однако при этом защита теряет около 30% чувствительности к внутренним замыканиям. Также ток нулевой последовательности может учитываться в расчетах, если к реле дифференциальной защиты (87Т) подведен ток нейтрали. Реле типа 7UT613 имеет для этих целей два токовых входа. При использовании такого варианта чувствительность защиты к замыканиям на землю восстанавливается до своего первоначального значения. Дополнительно может применяться дифференциальная защита от замыканий на землю (с ограниченной защищаемой зоной) 87Т. Данная защита является резервной защитой от замыканий на землю и обладает повышенной чувствительностью к таким повреждениям (около 10% Іном в сравнении с 20-30% Іном для дифференциальной защиты трансформатора). Такая защита должна подключаться к отдельным сердечникам ТТ класса РХ с одинаковыми коэффициентами трансформации.

РЗА подстанций, качество электроэнергии и измерения

Высокоомная дифференциальная и максимальная токовая защиты реализуются в одном устройстве 7SJ61.

Общие указания:

- В данном примере трансформатор питает две отдельные рас¬пределительные сети с генерирующими источниками. Поэтому токовые входы дифференциального реле с торможением токов необходимо подключать к ТТ каждой из сторон трансформатора.
- Если обе распределительные сети только потребляют электроэнергию, и при этом подпитка одной сети среднего напряжения от второй сети невозможна, то допускается параллельное подключение ТТ двух обмоток среднего напряжения трансформатора, что позволяет использовать дифференциальное реле 7UT612, применяемое для двухобмоточных трансформаторов.

Автотрансформатор

Примечания:

- Высокоомная защита 87N требует для работы сердечники ТТ класса РХ с одинаковыми коэффициентами трансформации.
- Реле 7SJ60 возможно подключить последовательно с реле 7UT613 для экономии числа кернов ТТ.

Общие указания:

Используются две различные схемы защиты: в качестве 87Т применяется низкоомное реле для трехобмоточных трансформаторов (7UT613). В качестве 87N применяется 1-фазное высокоомное реле (7VH60), подключенное как дифференциальная защита от замыканий на землю с ограниченной защищаемой зоной. (В данном примере предполагается, что выводы автотрансформатора со стороны нейтрали не имеют ТТ, поэтому используется только ТТ, установленный непосредственно в самой нейтрали).

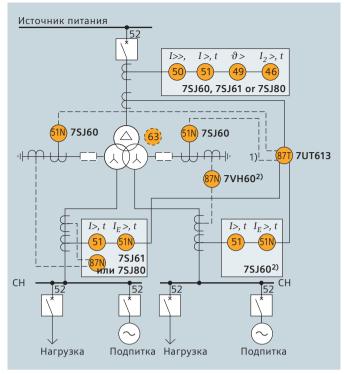


Рисунок 6.2-89: Трехобмоточный трансформатор

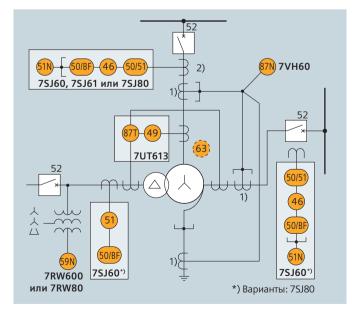


Рисунок 6.2-90: Автотрансформатор

Автотрансформаторная группа

Общие указания:

• Автотрансформаторная группа подключена по полуторной схеме

Предлагается использовать два основных комплекта дифференциальной защиты.

Комплект <u>1:</u> Низкоомная дифференциальная защита 87TL (7UT613), подключаемая к ТТ, встроенным во вводы трансформатора.

<u>Комплект 2:</u> Высокоомная дифференциальная защита 87TL (7VH60). Данная защита должна подключаться к отдельным сердечникам ТТ класса РХ с одинаковыми коэффициентами трансформации.

- В качестве резервной применяется дистанционная защита (устройства типа 7SA52 и 7SA6) с первой ступенью, работающей без выдержки времени, направленной в сторону трансформатора и обеспечивающей защищаемую зону около 80%, и ступенями, работающими с выдержкой времени, чувствительными к повреждениям за трансформатором.
- Предполагается, что обмотка низшего напряжения питает сеть с изолированной нейтралью малой мощности

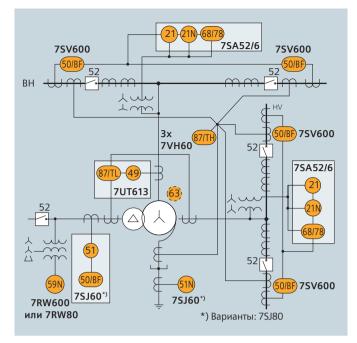


Рисунок 6.2-91: Автотрансформаторная группа

3. Двигатели

Двигатели малой и средней мощности < 1 МВт

а) При питании от сети с эффективным или низкоомным резистивным заземлением нейтрали ($I_{v} \geq I_{u, dow}$)

Общие указания:

- Применяется для двигателей низкого и высокого напряжения, питающихся от сети с низкоомным резистивным заземлением нейтрали $(I_{xz} \ge I_{n,osuc})$
- б) При питании от сети с высокоомным резистивным заземлением нейтрали $(I_n \leq I_{n,deg})$

Примечания:

- 1) Трансформатор тока нулевой последовательности (ТТНП).
- Чувствительную направленную защиту от замыканий на землю (67N) возможно использовать только в случае питания от сети с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью (указания по применению данной защиты также приводятся в описании схемы 30).
- Реле 7SJ602 может использоваться в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью.

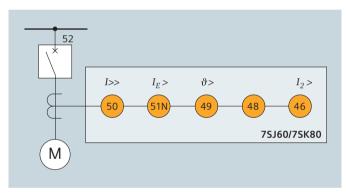
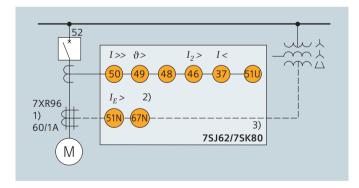


Рисунок 6.2-92: Защита двигателя, питающегося от сети с эффективным или низкоомным резистивным заземлением нейтрали



 $\it Pисунок~6.2-93:$ Защита двигателя, питающегося от сети с высокоомным резистивным заземлением нейтрали

6.2 Системы релейной защиты

Мощные двигатели высокого напряжения > 1 МВт

Примечания:

- 1) Трансформатор тока нулевой последовательности (ТТНП).
- 2) Чувствительную направленную защиту от замыканий на землю (67N) возможно использовать только в случае питания от сети с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью.
- 3) Данная функция необходима только для двигателей со временем пуска, превышающем безопасное время опрокидывания tE. Согласно МЭК 60079-7 время tE время, необходимое для нагрева обмоток переменного тока при прохождении по ним пускового тока IA от температуры, достигнутой при номинальных условиях работы и максимальной температуре окружающей среды, до предельно допустимой температуры. Для мониторинга процесса пуска электродвигателя используется специальное устройство контроля вращения. Рассматриваемая защитная функция действует на отключение выключателя двигателя в случае, если двигатель не разворачивается до соответствующей скорости вращения за установленное время. Устройство контроля вращения входит в комплект поставки двигателя.
- 4) Датчики Pt100, Ni100 и Ni120.
- Функция 49Т доступна только при использовании внешнего устройства контроля температуры (7XV5662).

Холодный пуск (динамическая коррекция уставок)

При помощи дискретного сигнала от ключа управления (ручное включение) возможно выполнить загрубление уставки срабатывания МТЗ на заданное время. По истечении заданной выдержки времени уставка возвращается к своему первоначальному значению. Таким образом обеспечивается отстройка от пусковых токов при включении двигателя без снижения чувствительности МТЗ в установившемся режиме работы.

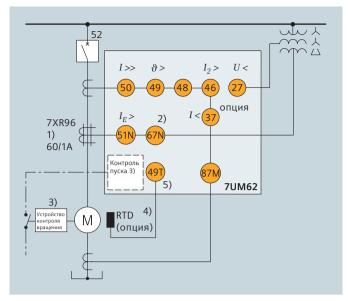


Рисунок 6.2-94: Защита мощных двигателей высокого напряжения > 1 МВт

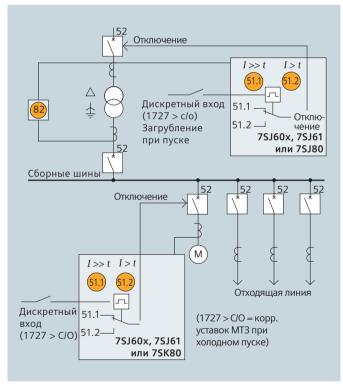


Рисунок 6.2-95: Холодный пуск (динамическая коррекция уставок)

4. Генераторы

Генераторы мощностью < 500 кВт (рис. 6.2-96 и рис. 6.2-97)

Примечание:

При наличии ТТНП для подключения чувствительной защиты от замыканий на землю возможно использовать реле 7SJ602 со специальным токовым входом.

Генераторы мощностью 1-3 МВт (рис. 6.2-98)

Примечание:

Достаточно двух ТН, подключенных по V-схеме («открытый» треугольник).

Генераторы мощностью > 1-3 МВт (рис. 6.2-99)

Примечания:

- 1) Функции 81 и 59 необходимы только в тех случаях, когда предполагается, что первичный привод может иметь избыточную скорость, а регулятор напряжения допускает повышение напряжения на выводах генератора выше предельно допустимого значения.
- 2) Варианты дифференциальной защиты:
 - Низкоомная дифференциальная защита 87.
 - Дифференциальная защита от замыканий на землю с ограниченной защищаемой зоной при низкоомном заземлении нейтрали.

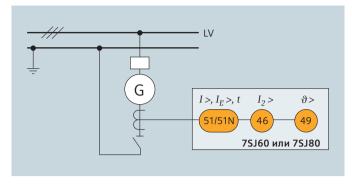


Рисунок 6.2-96: Генератор с глухим заземлением нейтрали

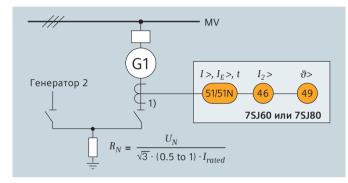


Рисунок 6.2-97: Генератор с резистивным заземлением нейтрали

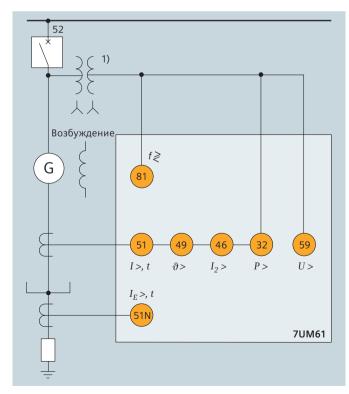


Рисунок 6.2-98: Защита генераторов мощностью 1-3 МВт

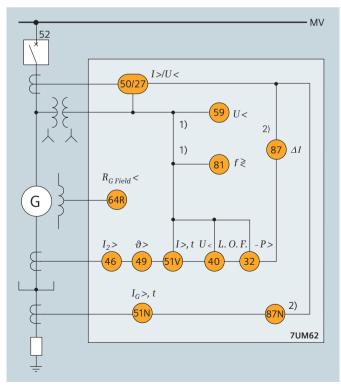


Рисунок 6.2-99: Защита генераторов мощностью > 1-3 МВт

6.2 Системы релейной защиты

Генераторы мощностью > 5 -10 МВт, питающие сеть с изолированной нейтралью

(рис. 6.2-100)

Общие указания:

- Диапазон уставок направленной защиты от замыканий на землю (67N) в составе реле 7UM6 составляет 2-1000 мА. Для отстройки защиты от токов небаланса в установившемся нагрузочном режиме и во время переходных процессов следует задавать определенную уставку срабатывания, величина которой зависит от точности работы TT.
- На практике стараются выполнить защиту с защищаемой зоной, охватывающей 90% обмотки генератора (отсчет ведется от выводов). При этом уставка срабатывания защиты должна быть в десять раз меньше полного тока замыкания на землю на выводах генератора, что будет соответствовать току при замыкании на землю, возникшему на удалении в 10 % обмотки от нейтрали.

Вход реле для тока нулевой последовательности подключается к	Минимальная уставка реле	Комментарии
Трансформатор тока нулевой последовательности 60 / 1 А: 1 ТТНП 2 параллельно соединенных ТТНП 3 параллельно соединенных ТТНП 4 параллельно соединенных ТТНП	2 MA 5 MA 8 MA 12 MA	
Три ТТ, соединенных по схеме фильтра нулевой последовательности	1 A TT: 50 мА 5 A TT: 200 мА	В общем случае данная схема не применяется для чув- ствительной защиты от замыканий на землю
Три TT со специальной калибровкой (обеспечивающих наименьший ток небаланса), соединенных по схеме фильтра нулевой последовательности	2–3 % номинального вторичного тока ТТ <i>Іном втор.</i> (10–15 мА для 5 А ТТ)	Для такой схемы не рекомендуется использовать 1 A TT.

Следовательно, наименьшая возможная уставка 2 мА соответствует току замыкания на землю величиной 20 мА вторичных, или же (60 / 1) x 20 мA = 1.2 А первичных.

Если же величина тока замыкания на землю (емкостной ток) на выводах генератора будет меньше указанной величины, то в качестве источника тока нулевой последовательности возможно использовать заземляющий трансформатор с резистивной нагрузкой нулевой последовательности, подключаемый к сборным шинам станции. Наименее мощный стандартный заземляющий трансформатор TGAG 3541 в течение 20 с может нести нагрузку Sнп = 27 кBA.

Для сети напряжением 5 кВ он будет обеспечивать:

$$I_{\Gamma 20 c} = \frac{\sqrt{3 \cdot S_{\Gamma}}}{U_{HOM}} = \frac{\sqrt{3 \cdot 27000 \text{ BA}}}{5000 \text{ B}} = 9.4 \text{ A}$$

Что соответствует току реле $9.4 \, \text{A} \times 1 \, / \, 60 \, \text{A} = 156 \, \text{мA}$. При уставке около 15 мА обеспечивается защищаемая зона в 90 %, что позволяет использовать 4 параллельно соединенных ТТНП. Сопротивление нагрузки, подключаемой к обмотке заземляющего трансформатора напряжением 500 B, соединенной в «открытый» треугольник, рассчитывается следующим образом:

$$R_B = U_{BTOD}^2 / S_{\Gamma} = 500 U^2 / 27000 BA = 9.26 Om (27 KBT, 20c)$$

Вторичный ток замыкания на землю для генератора мощностью 5 МВА со специально калиброванными ТТ 600 / 5 А, обеспечивающими наименьший ток небаланса, будет следующий: $I_{max} = 9.4 \text{ A}$ /(600/5) = 78 MA.

В этом случае при уставке 12 мА защищаемая зона составит:

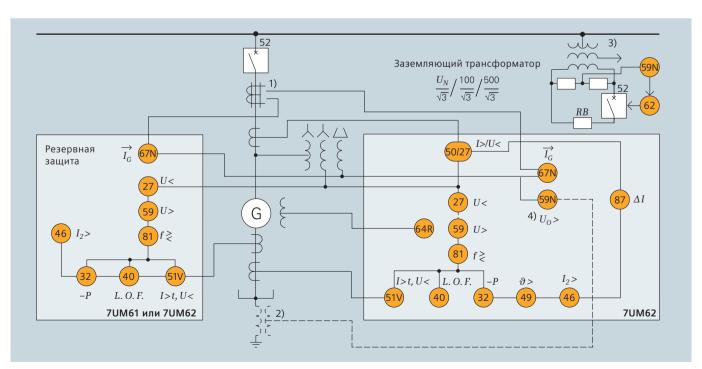


Рисунок 6.2-100: Защита генераторов мощностью > 5-10 МВт

6.2 Системы релейной защиты

Примечания (рис. 6.2-100):

- 1) Стандартный ТТНП 7XR96 имеет коэффициент трансформации 60 / 1 A.
- В качестве поляризующего напряжения для защиты вместо напряжения, получаемого от ТН, установленного на выводах генератора (от обмотки, соединенной в разомкнутый треугольник), возможно использовать напряжение от однофазного ТН, установленного в нейтрали генератора.
- 3) Заземляющий трансформатор может нести указанную нагрузку в течение 20 с. Для предотвращения перегрузки защита по напряжению нулевой последовательности, работающая с определенной выдержкой времени, автоматически отключает нагрузочный резистор посредством контактора.
- 4) При пуске генератора с отключенным генераторным выключателем источник тока нулевой последовательности (заземляющий трансформатор) оказывается недоступным. Для обеспечения защиты от замыканий на землю в течение указанного промежутка времени посредством сигнала от блок-контактов выключателя, подключенных к дискретным входам реле, возможно выполнить временную замену функции направленной токовой защиты от замыканий на землю (67N) функцией максимальной защиты по напряжению нулевой последовательности.

Генераторы мощностью > 50 –100 МВт, работающие в блоке с трансформатором

(рис. 6.2-101)

Примечания:

- 100 % защита статора от замыканий на землю реализуется путем наложения напряжения частотой 20 Гц.
- 2) Чувствительная защита ротора от замыканий на землю реализуется путем наложения напряжения частотой 1–3 Гц.
- Неэлектрические сигналы могут заводиться с помощью преобразователей на устройство защиты через дискретные входы (ДВх).
- На рисунке показаны только используемые функции. Каждое конкретное реле может выполнять также и другие определенные функции.

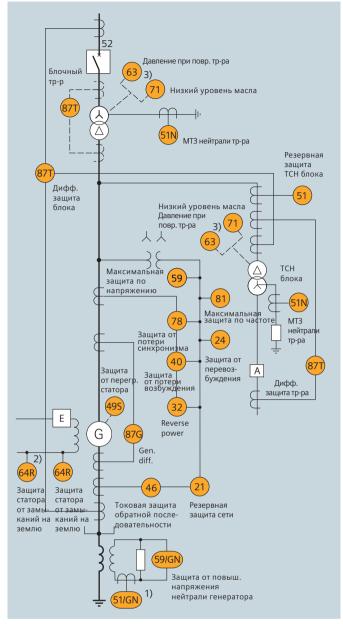


Рисунок 6.2-101: Защита генераторов мощностью > 50 МВт



Рисунок 6.2-102: Функции, реализуемые различными типами реле

6.2 Системы релейной защиты

Синхронизация генераторов

На рис. 6.2-103 показана типовая схема подключения устройства синхронизации генератора. Устройство синхронизации 7VE6, к которому подводятся напряжение шин и напряжение генератора, вычисляет разницу значений указанных напряжений, их частот и фазовый сдвиг между ними. Если рассчитанные величины находятся в допустимом диапазоне, то с учетом времени включения выключателя выдается команда на его ВКЛЮЧЕНИЕ. В случае, когда указанные величины находятся вне допустимого диапазона, устройство синхронизации выдает соответствующие команды устройствам регулирования напряжения и скорости вращения. Например, если значение частоты выходит за допустимые пределы, выдается команда устройству регулирования скорости вращения. Если же напряжение выходит за пределы допустимого диапазона, выдается команда устройству регулирования напряжения.

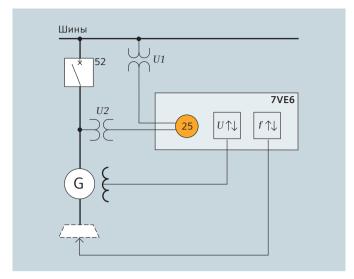


Рисунок 6.2-103: Синхронизация генератора

5. Сборные шины

Защита сборных шин на основе токовых реле с обратной блокировкой (логическая защита шин)

Общие указания:

Данная схема защиты применима для шин распределительной подстанции без существенной (< 0.25 х Іном) подпитки со стороны отходящих присоединений.

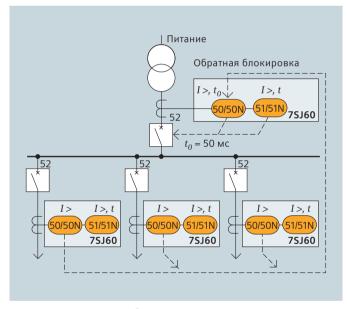


Рисунок 6.2-104: Защита сборных шин на основе токовых реле с обратной блокировкой (логическая защита шин)

Высокоомная защита шин

Общие указания:

- Обычно применяется для одиночных шин и полуторных схем подключения.
- Необходимо использовать отдельные сердечники ТТ класса РХ, имеющие одинаковый коэффициент трансформации.

Примечание:

Для ограничения уровня напряжения до безопасных значений во вторичных цепях на входных зажимах реле обычно предусматривается установка варистора.

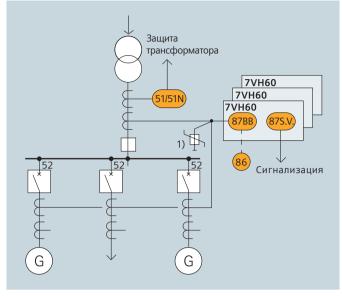


Рисунок 6.2-105: Высокоомная защита шин

Низкоомная защита шин 7SS60

Общие указания:

- Обычно применяется для одиночных, двойных систем шин и полуторных схем подключения. Различные коэффициенты трансформации TT могут быть компенсированы использованием выравнивающих трансформаторов.
- Неограниченное количество присоединений.
- Защиту отходящей линии возможно подключить к тому же керну TT, куда подключается низкоомная дифференциальная защита.

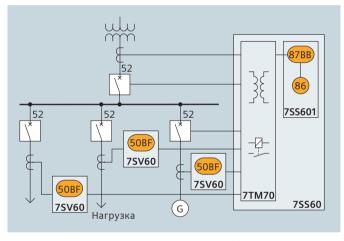


Рисунок 6.2-106: Низкоомная защита шин 7SS60

Распределенная защита шин 7SS52

- Применима для всех конфигураций шин.
- Рекомендуется использовать для схем с несколькими системами шин, где требуется контролировать положение разъедини-
- Цифровая защита шин 7SS52 также выполняет функцию УРОВ.
- Различные коэффициенты трансформации TT выравниваются программно.
- Система защиты и положение разъединителя непрерывно контролируются самим реле 7SS52.
- Защиту отходящей линии возможно подключить к тому же сердечнику ТТ, куда подключена распределенная дифферен -циальная защита.

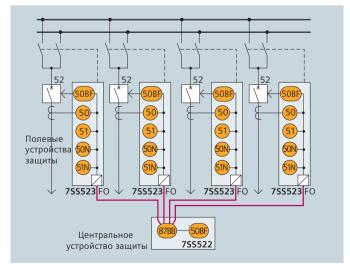


Рисунок 6.2-107: Распределенная защита шин 7SS52

6. Энергосистемы

Автоматическая частотная разгрузка

В неустойчивых энергосистемах (например, в изолированных системах, системах аварийного энергоснабжения в больницах) может возникнуть необходимость отключения отдельных потребителей для предотвращения перегрузки системы в целом. Для данных целей токовые защиты не подходят, т. к. они эффективны только при коротких замыканиях. Поэтому перегрузку генераторов определяют по понижению частоты или напряжения. (Защитные функции 27 и 81 доступны в устройствах 7RW600, 7SJ6 и 7SJ8)/

Защита по скорости изменения частоты на основе измеряемых значений частоты вычисляет градиент изменения частоты df / dt. Таким образом возможно обнаружить небаланс активной мощности в энергосистеме, отключить определенных потребителей, и тем самым восстановить устойчивую работу системы. В отличие от защиты по частоте, защита по скорости изменения частоты срабатывает прежде, чем значение частоты упадет ниже уставки срабатывания. Для выбора подходящих уставок защиты рекомендуется учитывать требования, предъявляемые ко всей энергосистеме в целом. Защита по скорости изменения частоты также может использоваться для деления энергосистемы. Защита по скорости изменения частоты ниже энии частоты ниже заданной уставки.

Контроль цепей отключения (ANSI 74TC)

Для контроля цепей отключения возможно использовать один или два дискретных входа.

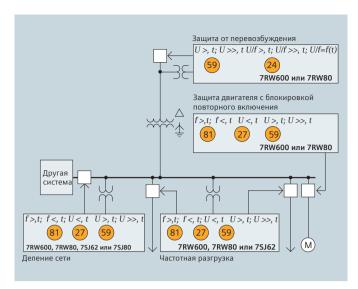


Рисунок 6.2-108: Автоматическая частотная разгрузка

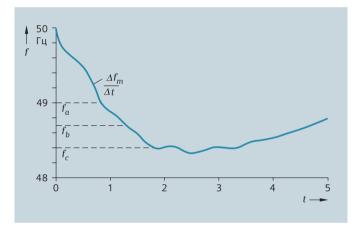


Рисунок 6.2-109: **Автоматическая частотная разгрузка с контролем скорости изменения частоты**

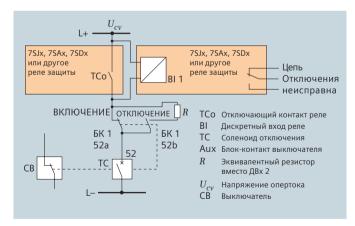


Рисунок 6.2-110: Контроль цепей отключения (ANSI 74TC)

6.2 Системы релейной защиты

Отключение при реверсе мощности (использование гибких функций защиты)

Общие указания:

Реле SIPROTEC 7SJ64 отключает подстанцию от энергосистемы в случае, если генератор начинает выдавать мощность обратно в энергосистему (защитная функция $P_{p_{pеверс}}$ >). Такие функциональные возможности реализуются путем использования гибких функций устройства. Отключение выполняется также в случае отклонений по напряжению или частоте, возникающих в энергосистеме (защитные функции f <, f >, U <, U >, $I_{dir} >$, $I_{Edir} > I$ 81, 27, 59, 67, 67N).

Примечания:

- 1) Трансформатор защищается дифференциальной защитой и МТЗ с независимой или обратно зависимой выдержкой времени. При возникновении повреждения выключатель СВ1 со стороны энергосистемы отключается по каналу связи. Также отключается выключатель СВ2.
- 2) Отходящие линии 1 и 2 защищаются от коротких замыканий и перегрузок при помощи МТЗ. МТЗ от междуфазных и однофарных повреждений могут иметь как независимые, так и обратно зависимые характеристики выдержки времени. Выключатели СВ4 и СВ5 отключаются при возникновении повреждения на отходящей линии.

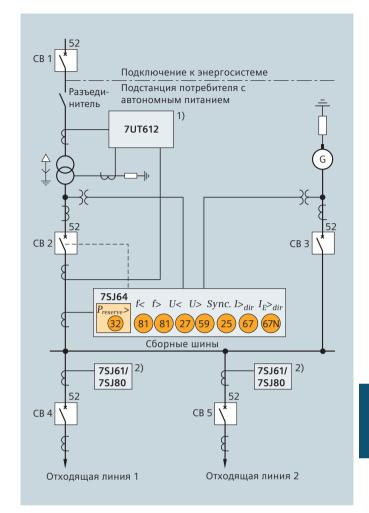


Рисунок 6.2-111: Пример подстанции с автономным источником

6.2 Системы релейной защиты

6.2.5 Согласование защит

Селективность

Для достижения селективности рабочие характеристики реле и их параметры настройки должны быть тщательно скоординированы. Целью является отключение только дефектного элемента и сохранение в работе остальной части энергосистемы, минимизация прекращения подачи электроэнергии и обеспечение стабильности.

Чувствительность

Для обеспечения обнаружения повреждений, сопровождающихся протеканием малых токов, защита должна обладать возможно большей чувствительностью. В то же время, защита должна быть отстроена от максимально возможных токов нагрузки, перегрузки, сквозных токов КЗ. Дополнительную информацию по данному вопросу можно найти по адресу: http://www.siemens.com/systemplanning. ПО SINCAL и SIGRADE от компании Siemens разработано специально для расчета и согласования уставок защит. Данное ПО позволяет выполнить расчет токов КЗ, осуществить стандартные уставок защит. При этом возможно использовать стандартные характеристики реле, предохранителей, выключателей, учитывать броски токов намагничивания, нагрузочные характеристики различного оборудования.

Максимальная токовая защита от междуфазных к. з. При условии, что токи КЗ имеют достаточно большое значение, уставку по току срабатывания МТЗ обычно выбирают на 30% большей тока нагрузки. Это относится преимущественно к защитам с электромеханическими реле, имеющими коэффициент возврата порядка 0.8–0.85. Цифровые реле имеют коэффициент возврата порядка 0.95, поэтому для таких защит уставку можно принимать на 10% меньшей. Выбор уставок защиты присоединений с большой трансформаторной и/или двигательной нагрузкой требует отдельного подхода.

Присоединения с трансформаторами

При включении трансформатора возникает бросок тока намагничивания, который в зависимости от мощности трансформатора может длиться до нескольких секунд (рис. 6.2-112). Ток срабатывания и выдержка времени МТЗ должны быть выбраны таким образом, чтобы значение тока намагничивания при его броске достигало уставки возврата МТЗ до истечения ее выдержки времени срабатывания. Бросок тока обычно содержит около 50% основной гармоники. Поэтому цифровые защиты, отфильтровывающие высшие гармонические и апериодическую составляющие из измеряемых токов, могут иметь меньшую уставку срабатывания.

При этом значения броска тока намагничивания, приведенные на рис. 6.2-112, уменьшатся более чем наполовину. Некоторые цифровые реле защиты имеют функцию обнаружения броска тока намагничивания, при срабатывании которой может выполняться блокировка МТЗ.

Защита от замыканий на землю

Защиты от замыканий на землю обладают высокой чувствительностью, т. к. при выборе их уставок срабатывания нет необходимости в отстройке от токов нагрузки (за исключением 4-х проводных цепей с 1-фазной нагрузкой). В сетях с глухим или низкоомным резистивным заземлением нейтрали обычно применяется уставка в 10—20 % номинального тока. При высокоомном заземлении нейтрали необходимо использовать гораздо меньшую уставку срабатывания, т. к. токи замыкания на землю в таких сетях имеют значение порядка нескольких ампер. Например, ток замыкания на землю при повреждении в генераторе или двигателе необходимо ограничивать до значений меньших 10 А для предотвращения пожара стали. В таких случаях нельзя подключать защиту от замыканий на землю к нейтральному проводу вторичных обмоток ТТ, соединенных в фильтр тока нулевой последовательности, особенно при первичных номинальных



Рисунок 6.2-112: Пиковые значения броска тока намагничивания

токах ТТ превышающих 200 А. Это обусловлено тем, что уставка срабатывания защиты будет близка к суммарной погрешностью используемых ТТ. Исходя из сказанного выше, для подключения защиты от замыканий на землю рекомендуется использовать специальный трансформатор тока нулевой последовательности (ТТНП). Стандартные ТТНП имеют коэффициент трансформации 60/1 А. Следовательно, для того, чтобы защита почувствовала ток замыкания на землю величиной 6 А она должна иметь уставку срабатывания 0.1 А вторичных. В сетях с изолированной или компенсированной нейтралью, где ток 1-фазного повреждения на землю имеет очень малые значения, могут потребоваться еще меньшие значения уставок срабатывания защиты. В таких сетях в зависимости от минимальных значений тока однофазного замыкания на землю уставка срабатывания защиты может иметь значения 20 мА и ниже. Чувствительная направленная защита от замыканий на землю (реализованная в реле 7SJ62, 63, 64, 7SJ80, 7SK80, 7SA6) может иметь уставку до 5 мА. Для устройств серии Siprotec 5 функция чувствительной защиты от повреждений на землю позволяет выставить уставку 1мА.

Примечание при применении «земляной» защиты с ТТНП (кабельного типа):

Пожалуйста, учитывайте свойства конкретного ТТ кабельного типа

Уставка IE> должна иметь достаточную отстройку от максимально возможной погрешности ТТ данного типа Пояснение:

Даже в случае, когда 3 проводника расположены симметрично по центру при прохождении через ТТ кабельного типа, во вторичной цепи будет протекать ток погрешности. Этот ток будет пропорционален току нагрузки.

В случае несвязанных проводников или когда проводники расположены несимметрично или проходят не через центр, погрешности может значительно увеличиться.

6.2 Системы релейной защиты

Присоединения с двигателями

При включении двигателя появляется пусковой ток (ток заблокированного ротора), который может в 5–6 раз превышать номинальный ток.

Типовая время-токовая характеристика для асинхронного электродвигателя представлена на рис. 6.2-113.

В первые 100 мс проявляется быстро затухающая апериодическая составляющая тока. Для электромеханических защит уставка срабатывания токовой отсечки обычно выбиралась на 20–30% большей пускового тока, при этом вводилась небольшая выдержка времени срабатывания порядка 50–100 мс для отстройки от апериодической составляющей тока.

Цифровые защиты могут очень быстро отфильтровывать апериодическую составляющую, следовательно, для них нет необходимости вводить выдержку времени срабатывания.

Характеристика срабатывания защиты от перегрузки должна как можно более точно соответствовать тепловой характеристике двигателя. Параметрирование данной характеристики срабатывания осуществляется посредством задания уставки срабатывания защиты и тепловой постоянной времени, значение которой приводится в паспортных данных двигателя. Время срабатывания защиты от блокировки ротора необходимо задавать согласно соответствующей характеристике двигателя.

Согласование по времени максимальных токовых защит (51) Селективность работы максимальных токовых защит обеспечивается согласованием по времени их характеристик срабатывания. Защита элемента сети, расположенного ближе к источнику питания (вышестоящая защита), должна отстраиваться по времени от защиты последующего элемента сети (нижестоящая защита). На рис. 6.2-115 представлен принцип выбора выдержек времени срабатывания защит на примере МТЗ с независимыми выдержками времени.

Ступень селективности учитывает инерционность реле, которая проявляется в том, что даже после того как повреждение было устранено, реле некоторое время продолжает оставаться в сработанном состоянии. Данное время достаточно велико для электромеханических реле (около 0.1 с), и незначительно для цифровых реле (около 20 мс).

Максимальные токовые защиты с обратно зависимой выдержкой времени (51)

Согласование по времени защит с обратно зависимой выдержкой времени в общем случае выполняется по тем же принципам, что и согласование защит с независимой выдержкой времени. Выдержки времени сначала рассчитываются для максимальных токов КЗ, а затем проверяются для меньших токов (рис. 6.2-114).

Если все рассматриваемые защиты имеют одинаковые характеристики срабатывания или если вышестоящая защита имеет более крутую характеристику (например, сильно крутую, в то время как нижестоящая защита имеет нормально инверсную характеристику), то при малых токах селективность их работы будет обеспечиваться по умолчанию.

Дифференциальные защиты (87)

Дифференциальные защиты трансформаторов обычно имеют уставку между 20-30% номинального тока. Более высокие значения уставок выбираются в тех случаях, когда трансформатор имеет устройство РПН. Дифференциальные защиты от замыканий на землю с ограниченной защищаемой зоной и высокоомные дифференциальные защиты двигателей / генераторов, как правило, имеют уставку срабатывания около 10 % номинального тока.

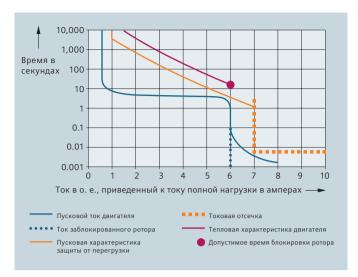


Рисунок 6.2-113: Типовая время-токовая характеристика двигателя

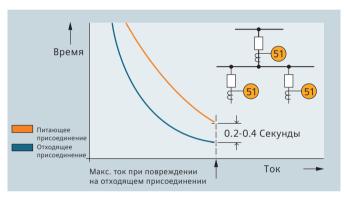


Рисунок 6.2-114: Согласование по времени МТЗ с обратно зависимой выдержкой времени

МТЗ без выдержки времени (50)

МТЗ без выдержки времени обычно применяются на последнем перед потребителем участке сети, а также на любом защитном реле, если участок до следующего защитного реле имеет достаточно большое сопротивление. Уставка при защите трансформаторов, должны иметь величину на 20-30 % большую максимально возможного тока сквозного КЗ. Реле не должно срабатывать при броске тока намагничивания трансформатора.

6.2 Системы релейной защиты

Пример расчета

На рис. 6.2-116 представлена конфигурация сети, а также приведена информация относительно соответствующих токов КЗ и токов нагрузки. В данном примере используются токовые цифровые реле защиты 7SJ60 (7SJ80) с нормально инверсными (обратно зависимыми) выдержками времени.

Выдержки времени срабатывания защит в зависимости от величины тока, находятся по соответствующим кривым, приведенным на рис. 6.2-117, или рассчитываются по формуле, приведенной на том же рисунке.

Уставки защит по току срабатывания *Icp I Іном* (где *Іном* – номинальный первичный ток ТТ), указанные на рис. 6.2-116, выбраны исходя из условия обеспечения надежного несрабатывания защиты при протекании максимального тока нагрузки.

Уставка по току срабатывания должна быть наименьшей у защиты наиболее удаленного от источника питания участка сети. Вышестоящие защиты должны иметь уставку равную или большую уставки срабатывания защиты наиболее удаленного от источника питания участка сети.

Уставки по коэффициенту времени для обратно зависимых характеристик выдержки времени защит рассчитываются следующим образом:

Подстанция С:

- Защиту, установленную на данной подстанции, необходимо согласовать с нижестоящими предохранителями. Для этого следует рассматривать КЗ в точке F1.
- Максимальный ток КЗ Ікз макс, приведенный к ступени напряжения 13.8 кВ, составляет 523 А. Таким образом, отношение указанного максимального тока КЗ к току срабатывания защиты, установленной на подстанции С, I / Icp будет иметь значение 7.47.
- Используя найденное значение и коэффициент времени Tcp = 0.05 по кривым, приведенным на рис. 6.2-114, определяется выдержка времени срабатывания защиты $t_s = 0.17$.

Выбранное время срабатывания МТЗ обеспечивает надежную отстройку данной защиты от времени срабатывания предохранителя, установленного на стороне низкого напряжения трансформатора. Следовательно, для МТЗ, установленной на подстанции С, принимаются следующие уставки:

- Ток срабатывания: Іср / Іном = 0.7
- Коэффициент времени: Тср = 0.05

Подстанция В:

Реле, установленное на подстанции В, выполняет функции основной защиты линии В-С и резервирует работу реле, установленного на подстанции С. Максимальный сквозной ток величиной 1395 А возникает при коротком замыкании в точке F2. Реле, установленное на подстанции С, имеет время срабатывания 0.11 с (I/Icp=19.93).

Т. к. особые требования к сокращению времени срабатывания защиты не предъявляются, то используется обычная ступень селективности в 0.3 с. Исходя из этого рассчитывается время срабатывания реле, установленного на подстанции В.

- $t_R = 0.11 + 0.3 = 0.41 \text{ s}$
- Значение $Ip / IN = \frac{1,395 \text{ A}}{220 \text{ A}} = 6.34 \text{ (рис. 6.2-116)}$
- Используя рассчитанное время срабатывания защиты 0.41 с и значение отношения I/Icp = 6.34 по кривым, приведенным на рис. 6.2-117, определяется коэффициент времени Tcp = 0.11.

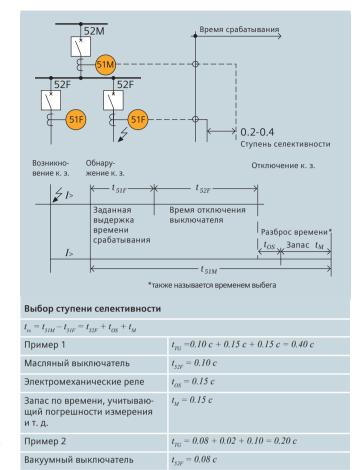


Рисунок 6.2-115: **Согласование по времени максимальных токовых** защит

 $t_{OS} = 0.02 c$

 $t_{\rm M}=0.10~c$

Цифровые реле

Запас по времени

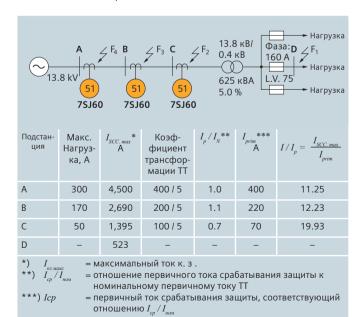


Рисунок 6.2-116: Согласование по времени максимальных токовых защит с обратно зависимыми характеристиками выдержки времени для радиальной сети

6.2 Системы релейной защиты

Следовательно, для реле (МТЗ), установленной на подстанции В, принимаются следующие уставки:

- Ток срабатывания: Іср / Іном = 1.1
- Коэффициент времени: Тср = 0.11

Используя данные уставки можно определить время срабатывания реле, установленного на подстанции В, при КЗ в точке F3: ток при КЗ в указанной точке имеет значение 2690 A (рис. 6.2- 116). При этом отношение I/Icp имеет значение 12.23.

• Используя указанное значение отношения и коэффициент времени Tcp = 0.11 по кривым, приведенным на рис. 6.2-117, определяется выдержка времени срабатывания защиты, составляющая 0.3 с.

Подстанция А:

• Путем добавления ступени селективности значением 0.3 с находится требуемое время срабатывания защиты $t_{_{A}} = 0.3 + 0.3 = 0.6$ с.

Уставки защиты, установленной на подстанции A, находятся аналогично уставкам защиты, установленной на подстанции B. В результате получаются следующие значения:

- Ток срабатывания: *Icp / Іном* = 1.0
- Коэффициент времени: Тср = 0.17
- При близком КЗ в точке F4 время срабатывания защиты составляет 0.48 с.

Проверка селективности

Для проверки селективности работы защит во всем интервале возможных токов КЗ выполняется построение характеристик срабатывания всех рассматриваемых защит на одном графике, откладываемых по обеим осям в логарифмическом масштабе. Данные характеристики возможно рассчитать по точкам вручную, либо построить при помощи шаблонов.

Для построения характеристик также возможно использовать компьютерные программы. На рис. 6.2-118 представлены характеристики защит для рассматриваемого примера, построенные при помощи программы SIGRADE (Siemens Grading Program).

Примечание:

В данном примере для упрощения расчетов рассматриваются защиты, имеющие только обратно зависимые характеристики выдержки времени. При использовании ступеней без выдержки времени (ступень I>> реле 7SJ60) возможно сократить время срабатывания защиты на 0.1 с при возникновении КЗ, сопровождающихся протеканием больших токов.

Согласование максимальных токовых защит с предохранителями и защитными устройствами на стороне низшего напряжения Согласование выполняется аналогично описанному выше согласованию максимальных токовых защит. Обычно достаточно использовать ступень селективности в 0.1–0.2 с.

При согласовании рекомендуется использовать сильно- и предельно-инверсные обратно зависимые характеристики выдержки времени защит. На рис. 6.2-119 представлены типичные примеры.

На простых распределительных подстанциях на стороне среднего напряжения питающего трансформатора применяются предохранители (рис. 6.2-119a).

При этом характеристика срабатывания МТЗ питающего присоединения должна согласовываться с характеристикой срабатывания предохранителей.

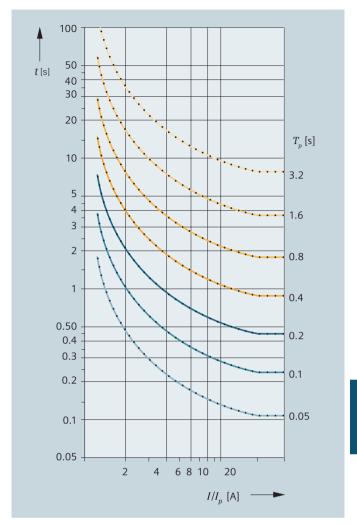


Рисунок 6.2-117: Семейство нормальных обратно зависимых характеристик выдержки времени реле 7SJ60

Нормальная обратно зависимая характеристика выдержки времени

$$t = \frac{0.14}{(I/Ip)^{0.02} - 1} \cdot Tp(s)$$

Сильно-инверсные обратно зависимые характеристики могут использоваться для согласования со стреляющими предохранителями, а предельно-инверсные обратно зависимые характеристики лучше подходят для согласования с токоограничивающими предохранителями.

В любом случае окончательное решение о типе используемых характеристик срабатывания следует принимать после их построения на одном графике в логарифмическом масштабе.

Электронные отключающие элементы низковольтных автоматических выключателей имеют ступени с большой, малой выдержкой времени срабатывания, а также ступень, работающую без выдержки времени. Цифровые реле МТЗ с одной ступенью, имеющей обратно зависимую выдержку времени, и двумя ступенями, имеющими независимые выдержки времени, хорошо согласовываются с такими автоматическими выключателями (рис. 6.2-1196).

6.2 Системы релейной защиты

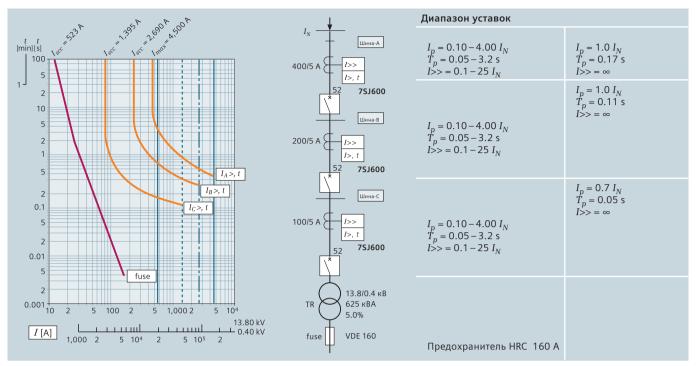


Рисунок 6.2-118: Согласование максимальных токовых защит

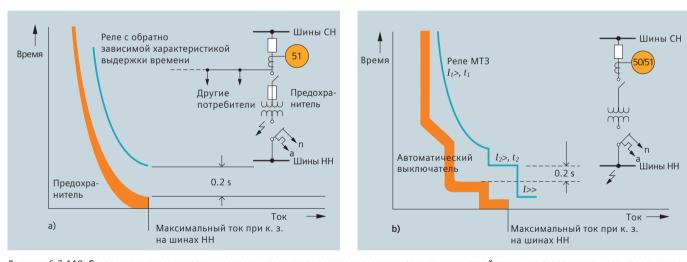


Рисунок 6.2-119: Согласование максимальных токовых защит с предохранителями и защитными устройствами на стороне низшего напряжения

Согласование дистанционных защит

При выборе уставок, определяющих защищаемую зону ступеней дистанционной защиты, следует учитывать погрешности измерения реле, обуславливающие возможный «переохват» (5% в соответствии с МЭК 60255-6), погрешности ТТ (1% для класса 5Р и 3% для класса 10Р) и запас в 5%. Также следует учитывать погрешности, возникающие в результате того, что параметры защищаемых линий чаще всего являются расчетными, а не измеренными. С учетом указанных погрешностей защищаемая зона первой ступени дистанционной защиты обычно выбирается в диапазоне 80-85 % длины защищаемой линии. Для электромеханических реле принимают уставку 80 %, для более точных цифровых защит - 85 %.

Если доступны реальные измеренные параметры защищаемой линии, то уставку можно увеличить до 90%. Вторая и третья ступени дистанционной защиты должны быть отстроены с запасом 15-20% от соответствующих ступеней защиты смежных линий. При этом следует отстраиваться от защит самой короткой смежной линии (рис. 6.2-120).

В общем случае, вторая ступень дистанционной защиты должна как минимум на 20% перекрывать шины противоположной подстанции (таким образом выполняется резервирование защит данных шин), третья ступень должна полностью охватывать самую длинную смежную линию (таким образом выполняется резервирование защит данной линии).

Согласование дистанционных защит по времени

Первая ступень дистанционной защиты обычно работает без выдержки времени. Согласование выдержек времени срабатывания второй и третьей ступеней защиты выполняется аналогично согласованию по времени ступеней МТЗ (рис. 6.2-115). Для защит с многоугольными характеристиками срабатывания (реле 7SA6 и 7SA5) следует учитывать только уставки по реактивному сопротивлению (X). Уставки по активному сопротивлению (R) должны охватывать активное сопротивление линии и возможное переходное сопротивление в месте повреждения. Значение переходного сопротивления дуги в месте повреждения можно грубо рассчитать следующим образом:

$$R_{\hat{\sigma}} = \frac{2.5 \cdot l_{\hat{\sigma}}}{I_{_{K3,MUH}}} [\text{OM}]$$

 l_a = длина дуги в мм $I_{\kappa_{3\,MH}}^{"} =$ минимальный ток к. з. в кA

- Типичные соотношения уставок R / X:
 - Короткие воздушные и кабельные линии (≤ 10 км): R/X =от 2 до 6
 - Линии средней длины < 25 км: R / X = 2
 - Длинные линии (от 25 до 50 км) R / X =1

Ограничение по длине линии, защищаемой дистанционной защитой

Наименьшая длина линии, которая может быть защищена ступенью дистанционной защиты с неполным охватом (работающей без выдержки времени) без использования канала связи, определяется минимально возможной уставкой реле по реактивному сопротивлению.

$$X_{neps \, {\it Muh}} = X_{pere \, {\it Muh}} \cdot \frac{K_{\it mu}}{K_{\it mm}}$$

$$l_{_{MUH}} = \frac{X_{_{neps\ MUH}}}{X'_{_{nunuu}}}$$

Минимально возможная уставка для цифровых реле Siemens составляет 0.05 Ом для 1 А реле, и 0.01 Ом для 5 А реле. Это позволяет применить дистанционную защиту для распределительных кабелей длиной от 500 м и более.

УРОВ

Большинство цифровых реле, описываемых в данном руководстве, имеют встроенную функцию УРОВ. Запуск данной функции осуществляется от встроенных защитных функций посредством программной логики. Функция УРОВ также может запускаться и при помощи входного дискретного сигнала, подаваемого от внешних устройств защиты. В этом случае следует учитывать время срабатывания данных устройств. Отключение смежных выключателей требует применения промежуточных реле, которые также вносят небольшую дополнительную выдержку времени, и тем самым увеличивают общее время ликвидации повреждения. Это в частности относится к полуторным и кольцевым схемам распределительных устройств, в которых для каждого выключателя используется отдельное устройство УРОВ (7SV600 or 7VK61в серии SIP 3 и 4, 7VK8 в Sip5). См. рис. 6.2-82, рис. 6.2-83.

УОсновным критерием при согласовании (выборе) уставка по времени УРОВ является время возврата пускового токового органа в несработанное состояние при ликвидации повреждения (отключении тока повреждения), которое не должно быть превышено ни при каких условиях при нормальном отключении. Времена возврата, указанные в руководствах по эксплуатации цифровых реле Siemens, актуальны для наихудших условий:

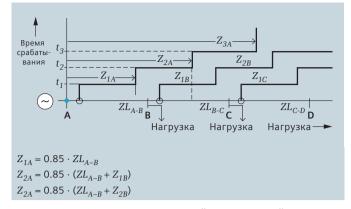


Рисунок 6.2-120: Согласование ступеней дистанционной защиты

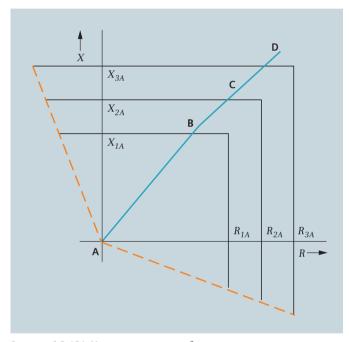


Рисунок 6.2-121: Характеристика срабатывания дистанционных реле Siemens

отключение полностью апериодического тока повреждения при малой уставке срабатывания (0.1–0.2 номинального тока TT).

Время возврата составляет 1 период промышленной частоты для реле, используемых в сетях сверхвысокого напряжения (7SA6/52, 7VK617VK61в серии SIP 4, 7SA8, 7VK8 в серии SIP 5), и 1.5–2 периода для реле, используемых в распределительных сетях (7SJ**).

На рис. 6.2-123 (см. следующую страницу) представлена временная диаграмма работы типовой схемы УРОВ. Времена, указанные в круглых скобках относятся к устройствам, установленным в сетях сверхвысокого напряжения, а времена, указанные в квадратных скобках - к устройствам, установленным в распределительных сетях.

6.2 Системы релейной защиты

Высокоомная дифференциальная защита: требования к схеме

Следует учитывать следующие требования к схемам высокоомной дифференциальной защиты:

Характеристики TT

Все ТТ, используемые в схеме высокоомной дифференциальной защиты, должны иметь одинаковые коэффициенты трансформации. В схемах высокоомной защиты сборных шин следует применять ТТ с малыми потоками рассеяния: класс РХ в соответствии с МЭК 60044-1 (класс X в соответствии с BS 3938) или TPS в соответствии с МЭК 60044-6. В схемах дифференциальной защиты от замыканий на землю с ограниченной защищаемой зоной, например, при выполнении защиты обмотки трансформатора с глухим заземлением нейтрали, также могут применяться ТТ класса 5Р в соответствии с МЭК 60044-1. При этом во всех случаях необходимо иметь данные о сопротивлении вторичных обмоток и характеристики намагничивания ТТ, предоставляемые заводом-изготовителем. Для обеспечения надежной работы защиты при внутренних повреждениях напряжение точки перегиба характеристики намагничивания должно быть как минимум вдвое больше уставки по напряжению срабатывания реле.

Реле

В схемах высокоомной дифференциальной защиты возможно применять следующие типы реле:

а) специальные высокоомные реле, например, чувствительные токовые реле 7VH60 или 7SG12 (DAD-N) с внешними резисторами $R_{\text{ста}6}$. В случае, если резистор встроен в реле, то уставки могут задаваться непосредственно в вольтах, как, например, для реле 7VH60 (6–60 В или 24–240 В); или

б) цифровые токовые реле, имеющие чувствительный токовый вход, например, 7SJ6 (7 SJ 8)или 7SR1 (Argus-C). К чувствительному токовому входу реле обычно последовательно подключается стабилизирующий резистор $R_{\text{стаб'}}$, обеспечивающий надежную работу(торможение) защиты. Также для защиты реле и вторичных цепей от перенапряжения часто устанавливается нелинейный резистор V (варистор).

Чувствительность защиты

Для срабатывания защиты при внутреннем повреждении необходимо, чтобы первичный ток достиг значения, равного сумме тока срабатывания реле (Іуст), тока утечки варистора (Івар), токов намагничивания всех параллельно соединенных ТТ при заданном напряжении срабатывания. Таким образом, чувствительность защиты повышается при использовании низкого значения уставки по напряжению срабатывания реле и применении ТТ с малыми токами намагничивания.

Надежность работы защиты при внешних повреждениях

Надежность отстройки защиты от внешних повреждений проверяется расчетом, который выполняется для повреждения, сопровождающегося протеканием максимально возможного сквозного тока и полным насыщением ТТ. Насыщенный ТТ вводится в схему замещения сопротивлением своей вторичной обмотки RTT. При этом напряжение Vp, появляющееся на входе реле, соответствует падению напряжения на сопротивлениях RTT и Rпров, обусловленному протеканием вторичного сквозного тока повреждения. Напряжение (ток) на входе реле должно быть ниже уставки по напряжению срабатывания. На практике сопротивления вторичных цепей (проводников) Rпров могут отличаться. В такой ситуации следует рассматривать наихудший из возможных вариантов, соответствующий появлению максимально возможного напряжения на входе реле (при протекании максимального сквозного тока).

Уставки

Выбор уставки срабатывания является компромиссом между чувствительностью и надежностью отстройки защиты. Большие

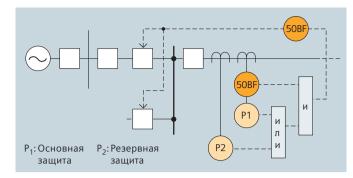


Рисунок 6.2-122: Логическая схема работы УРОВ



Рисунок 6.2-123: Временная диаграмма работы УРОВ

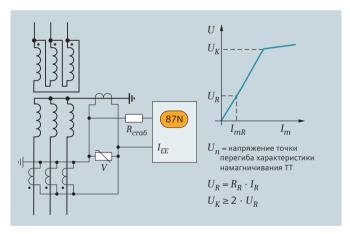


Рисунок 6.2-124: Принципиальная схема подключения высокоомной дифференциальной защиты от замыканий на землю с ограниченной защищаемой зоной для обмотки трансформатора с использованием цифрового токового реле SIPROTEC (например, 7SJ61)

Уставка реле $U_{\scriptscriptstyle \partial}$	С	β	Тип варистора
≤ 125	450	0.25	600 A /S1/S256
125 – 240	900	0.25	600 A /S1/S1088

значения уставки по напряжению срабатывания повышают на¬дежность отстройки защиты от внешних повреждений, позволяют применять ТТ с большими токами намагничивания и варисторы с высокими значениями тока утечки, однако при этом снижается чувствительность защиты

6.2 Системы релейной защиты

Пример расчета:

Требуется выполнить расчет дифференциальной защиты от замыканий на землю с ограниченной защищаемой зоной для обмотки напряжением 400 кВ трансформатора мощностью 400 МВА с Іном, 400 кВ = 577 А, присоединенному к распределительному устройству, кратковременно выдерживающему ток КЗ 40 кА.

Дано:

N = 4 TT, соединенных параллельно; *Ineps. ном/Івтор.ном* = 800 A/1 A коэффициент трансформации ТТ;

 $Un = 400 \text{ B} - \text{напряжение точки перегиба характеристики намагничива-$

Інам. = 20 мА – ток намагничивания ТТ при Un;

 R_{TT} = 3 Ом – внутреннее сопротивление ТТ;

Remop = 2 Ом – сопротивление вторичных цепей

Реле: 7SJ612; диапазон уставок МТЗ, работающей с 1-фазным токовым входом составляет Iycm = 0.003 A - 1.5 A с шагом 0.001 A; входное сопротивление реле

Rpene = 50 мОм

Расчет надежности

$$U_{_{yp,MIM}} = I_{_{CKR,MBIK}} \cdot \frac{I_{_{neps,NOM}}}{I_{_{emop,NoM}}} (R_{_{TT}} + R_{_{emop,}}) = 10,000 \cdot \frac{1}{800} (3+2) = 62.6 \text{ B}$$

 $_{\text{cc.}}$ равняется 16 . *І*ном. 400 кВ = 16 . 577 A = 9,232 A, округляется

С учетом требуемого запаса напряжение устойчивой работы принимается Uyp = 130 B (учитывая требование 2Uyp < Uhom).

Расчет уставки срабатывания

Защита должна обеспечивать чувствительность к первичному току повреждения 125 А, что составляет около 22 % номинального тока защищаемой обмотки $I_{\it mon'}$ 400 кВ (т. е. $I_{\it neps. mpc6.}=$ 125 A). С учетом данного условия уставка срабатывания рассчитывается следующим образом:

$$I_{\text{ycm.}} = I_{\text{neps. mpe6.}} \frac{I_{\text{emop. now.}}}{I_{\text{neps. now.}}} - \text{N. IHam.} \frac{U_{\text{yp}}}{U_{\text{n}}} = 125 \frac{1}{800} - 4.0.02 \frac{130}{400} = 0.13 \text{ A}$$

Расчет стабилизирующего резистора

Используя значения вычисленные ранее U_{vp} и I_{vcm} рассчитывается сопро-

$$Rcma\delta = \frac{U_{yp}}{I_{ycm.}} - R_{pese} = \frac{130}{0.13} - 0.05 = = \approx 1,000 \text{ OM}$$

где сопротивлением реле можно пренебречь.

Стабилизирующий резистор $R_{{\it cma}\bar{o}}$ должен выдерживать длительное протекание следующей минимально допустимой мощности $P_{cmoar{0},\partial um}$:

$$P_{cma\delta, \, \Delta xum.} \ge \frac{{U_{yp}}^2}{R_{cma\delta}} = \frac{130}{1000} = 16.9 \; \mathrm{BT}$$

Резистор R_{cmad} также должен кратковременно (до момента отключения повреждения) выдерживать протекание мощности КЗ. Расчетный интервал времени 0.5 с $(P_{cmaar{o},\,0.5c})$ часто является достаточным для учета случаев устранения повреждения резервными защитами.

Тепловая нагрузка стабилизирующего резистора определяется действующим значением падения напряжения на нем. Значение данного напряжения вычисляется по следующей формуле:

$$U_{_{\text{CKB,pene}}} = 1.3 \cdot \sqrt[4]{U_{_{k3}} \cdot R_{_{\text{CTa}6}} \cdot I_{_{_{K_MAKC_BH}}} \frac{I_{_{\overline{\text{втор. Hom.}}}}}{I_{_{\overline{\text{перв. Hom.}}}}} = 1.3 \cdot \sqrt[4]{400^3 \cdot 1000 \cdot 50} = 1738.7 \text{ B}$$

Расчетная кратковременная мощность $P_{scma ilde{a},0.5c}$:

$$P_{\text{cra6, 0.5c}} = \frac{U_{\text{ckb,pene}}^{2}}{R_{\text{cra6}}} = \frac{1739^{2}}{1000} = 3023 \text{ BT}$$

Проверка необходимости применения варистора

Обычно для ограничения напряжения на входе устройства защиты при внутренних повреждениях в ее защищаемой зоне применяются внешние варисторы, подключаемые параллельно входным зажимам устройства и стабилизирующему резистору. Максимально возможное напряжение на клеммах определяется следующим образом:

$$U_{\text{\tiny MAXC. GNYMP.}} = I_{\text{\tiny MAXC. GNYMP.}} \frac{I_{\text{\tiny emop. NoM.}}}{I_{\text{\tiny nepe. nom.}}} (R_{\text{\tiny pere}} + R_{\text{\tiny cma6}}) = 40,000 \frac{1}{800} (0.05 + 1000) = 50003 \text{ V}$$

принимается номинальный кратковременно выдерживаемый ток КЗ распределительного устройства, равный 40 кА.. Результирующее максимальное напряжение на клеммах панели (т. е. последовательно соединенных реле и R_{cmo}):

$$\hat{U}_{\text{макс.pene}} = 2\sqrt{2U_{\kappa} \left(U_{\kappa_{.\text{макс.BH}}}\right)} = 2\sqrt{2\cdot 400(50003-400)} = 12600 \text{ B}$$
 Т. к. $U_{\text{макс.pene}} > 1.5 \text{ кВ, требуется применение варистора.}$

Можно использовать, например, варистор METROSIL типа 600A/S1/Spec.1088 ($\beta = 0.25$, C = 900).

Ток утечки при напряжении $U_{_{\nu p}}$ =130 В будет следующим:

$$I_{\partial} = 0.52 \left(\frac{U_{ycr, \partial} \cdot \sqrt{2}}{C} \right)^{1/\beta} = 0.91 \text{ MA}$$

Данным током утечки в вычислениях можно пренебречь, т. к. он практически не будет влиять на расчет величины уставки срабатывания.

Большие значения уставки по напряжению срабатывания также требуют применения ТТ большего размера из-за необходимости иметь более высокое значение напряжения точки перегиба их характеристики намагничивания. Для дифференциальных защит от замыканий на землю с ограниченной защищаемой зоной обычно достаточной является чувствительность 10-20% номинального тока $I_{{}_{\hspace{-.1em}\mathsf{HOM}}}$. Для высокоомных дифференциальных защит сборных шин обычно используется уставка срабатывания \geq I $_{\rm Hom}$. При использовании высокоомной защиты в сети с нейтралью, заземленной через сопротивление, уставку срабатывания необходимо выбирать с учетом минимально возможного тока замыкания на землю.

Нелинейный резистор (варистор)

При наличии вероятности возникновения перенапряжений, опасных для изоляции вторичных цепей (2-3 кВ), требуется применение варистора. В таких случаях рекомендуется ограничивать напряжение до $U_n = 1500 \text{ B}$. Максимально возможное напряжение на зажимах панели определяется по формуле, приведенной для расчета Имакс, реле. Иногда в схемах дифференциальной защиты от замыканий на землю с ограниченной защищаемой зоной не требуется применение варистора. В схемах дифференциальной защиты сборных шин чаще всего применение варистора

является необходимым. Тем не менее, использовать варистор рекомендуется для всех схем высокоомной защиты. Вольтамперная характеристика варистора описывается следующим выражением: $U = C I^{\beta}$, где С и β являются постоянными варистора.

Требования, предъявляемые к ТТ, используемым для подключения реле защиты

Измерительные трансформаторы

Измерительные трансформаторы должны отвечать требованиям соответствующих стандартов: МЭК 60044 и 60186 (PT), ANSI / IEEE С57.13 или других схожих стандартов.

Трансформаторы напряжения (ТН)

Однофазные ТН всех классов напряжения имеют одну или две вторичные обмотки напряжением 100, 110 или 115 В / √3 мощностью 10-50 ВА, подходящими для большинства применений с цифровыми защитами и измерительными устройствами. Вторичные обмотки имеют погрешность 0.1-6%, что позволяет их использовать даже в специфических случаях. Класс напряжения ТН выбирается в соответствии с напряжением распределительного устройства, в котором они используются.

Трансформаторы тока (ТТ)

Чаще всего применяются ТТ с одним коэффициентом трансфор-

6.2 Системы релейной защиты

мации с первичной обмоткой стержневого или шинного типа, обладающие требуемой термической стойкостью. ТТ обычно имеют одну, две или три вторичные обмотки, имеющие номинальный ток 1 или 5 А. 1 А является предпочтительным, особенно в сетях высокого (ВН) и сверхвысокого напряжения (СВН) для уменьшения нагрузки токовых цепей. Выходная мощность (номинальная нагрузка в ВА), класс точности и характеристика насыщения (номинальная допустимая кратность тока) сердечников и вторичных обмоток должны удовлетворять требованиям конкретного проекта. Стандарты МЭК предусматривают следующую классификацию ТТ:

- Измерительные сердечники Измерительные керны обычно имеют погрешность 0.2% или 0.5% (класс 0.2 или класс 0.5) и номинальный коэффициент безопасности (FS) 5 или 10. Номинальная выходная мощность (номинальная нагрузка) должна быть больше фактически подключенной нагрузки. Стандартный ряд номинальной выходной мощности: 2.5, 5, 10 ВА. Если к измерительному сердечнику подключаются только электронные счетчики и регистраторы, то обычно не требуется большое значение его выходной мощности. Пример стандартной спецификации: 0.5 FS 10, 5 BA.
- Сердечники для коммерческого учета. К ним относятся сердечники класса 0.25 FS.
- Сердечники для подключения устройств релейной защиты Выбор параметров кернов, используемых для подключения устройств релейной защиты, зависит от максимального уровня токов КЗ и суммарной вторичной нагрузки (собственная нагрузка вторичной обмотки ТТ + нагрузка контрольных кабелей + нагрузка реле). Также следует принимать во внимание коэффициент апериодической составляющей, который позволяет учитывать влияние данной составляющей тока КЗ.

Словарь используемых обозначений

(согласно І	мэк (60044-6)
$K_{\Pi K}$	=	номинальный коэффициент предельной кратности (пример: TT класса 5P20 Кпк = 20)
K'_{IIK}	=	фактический коэффициент предельной кратности
K _{an}	=	коэффициент отстройки от апериодической составляющей
$I_{_{\it K3MaKC}}$	=	максимальный ток симметричного к. з.
$I_{\it neps\ \it hom}$	=	номинальный первичный ток ТТ
$I_{\it smop\; \it hom}$	=	номинальный вторичный ток ТТ
R_{TT}	=	активное сопротивление постоянному току вторичной обмотки ТТ при температуре 75°С (или другой задаваемой температуре)
$R_{_{\scriptscriptstyle H}}$	=	номинальная активная нагрузка
$R'_{_{_{\mathit{H}}}}$	=	Rпров + Rреле = подключенная активная нагрузка
T_n	=	постоянная времени первичной сети
U_{n}	=	напряжение токи перегиба (действующее значение)
R_{pene}	=	нагрузка реле
R_{npos}	=	$\frac{2 \cdot \rho \cdot l}{A}$
где		
l	=	длина (в метрах) одиночного проводника от TT до реле
ρ	=	удельное сопротивление = 0.0175 Ом мм2/мm (медные проводники) при 20°C (или другой заданной температуре)

В общем случае, сердечник ТТ работает с погрешностью 1% в диапазоне 1-2 номинального тока (класс 5Р). Коэффициент предельной кратности тока КЗ Кпк следует выбирать таким, чтобы при протекании максимально возможного тока K3 TT не насыщался (апериодическая составляющая не учитывается).

сечение проводника в мм2

Это приводит, как правило, к номинальному коэффициенту кратности тока КЗ 10 или 20, в зависимости от отношения величины номинальной нагрузки ТТ к величине действительно подключенной нагрузки. Типовые спецификации сердечников ТТ для подключения релейной защиты, используемых в распределительных сетях: 5Р10, 10 ВА или 5Р20, 5 ВА.

Требования, предъявляемые к работе ТТ для релейной защиты во время переходных процессов, приведены в стандарте МЭК 60044-6. Из-за ограничений по стоимости и размерам (особенно при использовании комплектных распределительных устройств) TT со стальными сердечниками не могут быть спроектированы таким образом, чтобы они, при любых условиях, не входили в режим насышения.

Поэтому реле Siemens разработаны с учетом возможности работы при насыщении ТТ. Цифровые реле, описываемые в данном каталоге, надежно работают при насыщении TT благодаря применению специальных алгоритмов обнаружения насыщения.

Формула для расчета TT

$$K'_{\it IIK} = K_{\it IIK} \cdot \frac{R_{\it TT} + R_{\it H}}{R_{\it TT} + R_{\it 'H}}$$
 (фактический)

где
$$K'_{\mathit{IIK}} \ge K_{\mathit{an}} \cdot \frac{I_{\mathit{K3-MAKC}}}{I_{\mathit{neps-nom}}}$$
 (требуемый)

Фактический коэффициент предельной кратности К'пк рассчитывается по формуле, приведенной в таблице выше. Номинальный коэффициент отстройки от апериодической составляющей Кап зависит от типа реле и постоянной времени первичной сети. Величина данной постоянной времени Тп не оказывает заметного влияния на работу реле, требующих небольшого интервала времени (≤ 0.4 периода), на протяжении которого TT находятся в ненасыщенном состоянии.

Расчет TT согласно BS 3938/MЭК 60044-1 (2000)

Класс Р по МЭК можно перевести в класс РХ по МЭК (класс X по BS) по следующей формуле:

$$U_{n} = \frac{(R_{_{H}} + R_{_{MM}}) \cdot I_{_{6MOP \, HOM}} \cdot K_{IIK}}{1.3}$$

. МЭК 60044: 600/1, 5Р10, 15 ВА, RTT = 4 Ом

МЭК РХ или BS:
$$U_n = \frac{(13+4)\cdot 1\cdot 10}{1.3} = 146 \text{ B}$$

 $R_{max} = 4 \text{ OM}$

Расчет ТТ по ANSI/IEEE C 57.13 см. на странице 331

Требования к ТТ, приведенные в таблице 6.2-3, являются упрощенными, что позволяет выполнить быстрый расчет. Более точный расчет TT возможно провести с использованием специальной программы Siemens CTDIM (www.siemens.com / ctdim). Результаты расчетов в ПО СТДІМ используются производителями устройств релейной защиты.

Коэффициент коррекции для реле 7UT6, 7UM62 рис. 2/92 (ограничение измерений)

$$F_{\text{kop}} = \frac{I_{\text{nepb ham}}}{I_{\text{nam of}}} \cdot \frac{I_{\text{nam pere}}}{I_{\text{empo pham}}} = \frac{I_{\text{nepb ham}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{nam of}}}{S_{\text{nam make}}} \cdot \frac{I_{\text{nam pere}}}{I_{\text{empo pham}}}$$

щаемой зоны

* При наличии трансформатора в защищаемой зоне данный коэффициент отличается от 1

 $I_{_{\mathit{mod-nepo}}}$ –ТТ-трансф-стор $\leq 2 \cdot I_{_{\mathit{mon}}}$ -защ. об.-трансф-стор $I_{_{\mathit{mod-nepo}}}$ -ТТ-трансф-стор $\geq I_{_{\mathit{mod}}}$ -защ. об.-трансф-стор = номинальный ток защищаемого объекта

= номинальное напряжение защищаемого объекта

 $I_{\text{ном об}}$ $I_{\text{ном об}}$ $U_{\text{ном об}}$ $I_{\text{ном реле}}$ $S_{\text{ном макс}}$ = номинальный ток реле

= максимальная нагрузка защищаемого объекта (для трансформаторов: обмотка с максимальной нагрузкой)

Тип реле	Коэффициент отстройки от апериодической составляющей Кап	Мин. требуемый коэффициент предельной кратности К'пк	Мин. требуемое напряжение точки перегиба Uп						
Максимальная токовая защита и защита двигателей 7SJ511, 512, 531 7SJ45, 46, 60 7SJ61, 62, 63, 64 7SJ80, 7SK80	-	$K'_{nx} \geq rac{I_{nau6.ycmaexu}}{I_{nepe nau}}$ как минимум: 20	$U_{n} \geq \frac{I_{\textit{наиб. уставом}}}{I.3 \cdot I_{\textit{перв ном}}} \cdot (R_{\textit{mm}} + R'_{\textit{u}}) \cdot I_{\textit{етор ном}}$ Как минимум: $\frac{20}{I.3} \cdot (R_{\textit{mm}} + R'_{\textit{u}}) \cdot I_{\textit{етор ном}}$						
Дифференциальная защита линий (проводной канал связи) 7SD600	-	$\begin{split} K'_{n\kappa} &\geq \frac{I_{\kappa S \text{ Mask (one tuns. nogp)}}}{I_{nepe \text{ max}}} \\ \text{M:} & \\ \frac{3}{4} &\leq \frac{(K'_{n\kappa} \cdot I_{nepe \text{ max}})_{\text{koneul}}}{(K_{n\kappa} \cdot I_{nepe \text{ max}})_{\text{koneul}}} \leq \frac{4}{3} \end{split}$	$\begin{split} U_{n} &\geq \frac{I_{_{K3MMSC}(\text{enculu. nogp.})}}{I.3 \cdot I_{_{nephnom}}} \cdot (R_{mm} + R^{\prime}_{_{N}}) \cdot I_{_{emopnom}} \end{split}$ $\text{M:} \\ &\frac{3}{4} \leq \frac{(U_{_{n}}^{\prime}/(R_{mm} + R^{\prime}_{_{n}}) \cdot I_{_{nephnom}}/I_{_{emopnom}^{\prime}/_{soneql}}}{(U_{_{n}}^{\prime}/(R_{mm} + R^{\prime}_{_{n}}) \cdot I_{_{nephnom}^{\prime}/_{emopnom}^{\prime}/_{soneql}}} \leq \frac{4}{3} \end{split}$						
Дифференциальная защита линий (без функции дистанционной защиты) 7SD52x, 53x, 610 (50/60 Гц) Дифференциальная защита генератора / трансформатора 7UT612, 7UT612 V4.0 7UT613, 633, 635, 7UT612 V4.6 7UM62 Защита шин 7SS52, 7SS60	Трансформатор Линия Генератор / Двигатель 1.2 1.2 1.2 1.2 Трансформатор Линия Генератор / Двигатель 4 4 5 3 3 5 4 - 5 Для коэфф. тормож. k ≥ 0.5 0.5	$K_{nc} \ge K_{an} \cdot \frac{I_{K1 Macc (eneum. noap)}}{I_{nepe noau}}$ и (только для 75S): $\frac{I_{K1 Macc (eneum. noap.)}}{I_{nepe noa}} \le 100$ (диапазон измерений)	$\begin{array}{l} U_{_{\it H}} \geq \\ K_{_{\it an}} \cdot \frac{I_{_{\it KS,MARC}}(_{\it electum. noop.)}}{I.3 \cdot I_{_{\it nepe noss}}} \cdot (R_{_{\it mm}} + R^{ \prime}_{_{\it n}}) \cdot I_{_{\it emop noss}} \\ \text{и (только для 7SS):} \\ \frac{I_{_{\it KS,MARC}}(_{\it electum. noop.)}}{I_{_{\it nepe noss}}} \leq 100 \\ (_{\it CM}$ (диапазон измерений)						
Дистанционная защита 7SA522, 7SA6, 7SD5xx (с функцией дистанционной защиты)	Постоянная времени первичной сети T_n [мс] $\leq 30 \leq 50 \leq 100 \leq 200$ K_{an} (a) 1 2 4 4 K_{an} (b) 4 5 5 5	nk	$\begin{split} &U_{n} \geq \\ &K_{an}\left(\mathbf{a}\right) \cdot \frac{I_{\text{K3-MANC}}\left(\text{GRUENDE ROBE}\right)}{I.3 \cdot I_{\text{nepe MOM}}} \cdot \left(R_{mm} + R'_{,\prime}\right) \cdot I_{\text{emop MOM}} \\ \text{M:} \\ &K_{id}\left(\mathbf{b}\right) \cdot \frac{I_{\text{K3-MANC}}\left(\text{6 koning compressed}\right)}{I_{\text{nepe MOM}}} \cdot \left(R_{mm} + R'_{,\prime}\right) \cdot I_{\text{emop MOM}} \end{split}$						

Таблица 2/2: требования к ТТ

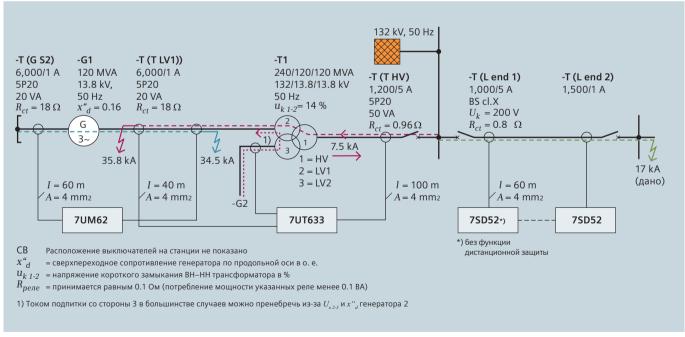


Рис. 6.2-195: Пример 1. Проверка ТТ для реле 7UM62, 7UT6, 7SD52 (7SD53, 7SD610)

6.2 Системы релейной защиты

T (C C2) 7UMC2	T /T 11114) 711T622	T /T DUI\ 7UT622	T/I wave 1) 75D52
-T (G S2), 7UM62	-T (T HH1), 7UT633	-T (T BH), 7UT633	-T (L конец 1), 7SD52
$I_{_{\mathit{K3-Maxe}}(\mathit{Ginetun.nogp.})} = \frac{c \cdot S_{_{\mathit{NOM2CPL}}}}{\sqrt{3} \cdot U_{_{\mathit{NOM2CPL}}} \chi^{*``}_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_$	$I_{_{K3.MAKK} \; (\textit{enerum. nosp.})} = \frac{S_{_{NOM}\; mp}}{\sqrt{3} \cdot U_{_{NOM}\; mp} \; u_{_{K}}}^{} \cdot$	$I_{_{K3.MANC} (\textit{enerum. noep.})} = \frac{S_{\textit{nom mp}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\textit{nom mp}} u_{\kappa}} ``$	$I_{\scriptscriptstyle KS,Markc}$ (внеши, повр.) = 17 кА (дано)
$= \frac{1.1 \cdot 120,000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 13.8 \text{ kV} \cdot 0.16} = 34,516 \text{ A}$	$= \frac{120,000 \text{ кBA}}{\sqrt{3} \cdot 13.8 \text{ кB} \cdot 0.14} = 35,860 \text{ A}$	$= \frac{240,000 \text{ KA}}{\sqrt{3} \cdot 13.8 \text{ KB} \cdot 0.14} = 7,498 \text{ A}$	
$K_{an} = 5$ (из таблицы 2/2)	<i>K</i> _{an} = 3 (из таблицы 2/2)	K _{an} = 1.2 (из таблицы 2/2)	
$K'_{n\kappa} \geq K_{an} \cdot \frac{I_{\kappa s. \text{Mark (eneum. noep.)}}}{I_{nepe \text{ mom}}}$	$K'_{n\kappa} \geq K_{an} \cdot \frac{I_{\kappa_3 \text{ Mark (oneum, noep)}}}{I_{nepe \text{ Mam}}}$	$K'_{n\kappa} \geq K_{an} \cdot \frac{I_{\kappa s \text{ Mack (oneum. nonp.)}}}{I_{nepe \text{ nom}}}$	
$= 5 \cdot \frac{31,378 \text{ A}}{6,000 \text{ A}} = 28.8$	$= 3 \cdot \frac{35,860 \text{ A}}{6,000 \text{ A}} = 17.9$	= 3 · $\frac{7,498 \text{ A}}{1,200 \text{ A}}$ = 18,7	
$R_{_{\rm H}} = \frac{S_{_{max}}}{P_{_{emop Now}}} = \frac{20 \text{BA}}{1 \text{A}^2} = 20 \text{OM}$	$R_{_{\rm H}} = \frac{S_{_{mon}}}{F_{_{emop { m Hom}}}} = \frac{20 { m BA}}{1 { m A}^2} = 20 { m OM}$	$R_{_{\rm H}} = \frac{S_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{_{1}}}}}}}}}}}$	
$R'_{n} = R_{npon} + R_{pexe}$ $R_{n} = \frac{2 \cdot p \cdot l}{A} + 0.1 \text{ OM}$	$R'_{n} = R_{npon} + R_{pene}$ $R_{n} = \frac{2 \cdot p \cdot 1}{A} + 0.1 \text{ OM}$	$R'_{n} = R_{npos} + R_{pere}$ $R_{n} = \frac{2 \cdot p \cdot l}{A} + 0.1 \text{ OM}$	$R'_{_{_{\it{H}}}} = R_{_{\it{npoo}}} + R_{_{\it{pexe}}}$ $R_{_{_{\it{H}}}} = \frac{2 \cdot p \cdot l}{A} + 0.1 \text{ OM}$
2 · 0.0175 OM MM² · 60 M	2 · 0.0175 <u>Ом мм²</u> · 640 м	2 · 0.0175 OM MM² · 100 M	$= \frac{2 \cdot 0.0175 \frac{\text{Om MM}^2}{\text{M}} \cdot 60 \text{ M}}{4 \text{ MM}^2}$
4 MM ² + 0.1 OM = 0.625 OM	4 MM ² + 0.1 OM = 0.450 OM	+ 0.1 OM = 0.975 OM	= 4 mm ² + 0.1 Om = 0.625 Om
$K'_{n\kappa} = K_{n\kappa} \cdot \frac{R_{mm} + R_{n}}{R_{mm} + R'_{n}}$	$K'_{n\kappa} = K_{n\kappa} \cdot \frac{R_{mm} + R_{n}}{R_{mm} + R_{n}'}$	$K'_{n\kappa} = K_{n\kappa} \cdot \frac{R_{mm} + R_{\kappa}}{R_{mm} + R_{\kappa}}$	$U_{n} \ge K_{an} \cdot \frac{I_{\text{K3-MAXX}}(\text{висши. nosp.})}{1.3 \cdot I_{neps \text{ NAM}}} \cdot (R_{mm} + R'_{n}) \cdot$
$=20 \cdot \frac{18 \text{ OM} + 20 \text{ OM}}{18 \text{ OM} + 0.625 \text{ OM}} = 40.8$	$=20 \cdot \frac{18 \text{ OM} + 20 \text{ OM}}{18 \text{ OM} + 0.450 \text{ OM}} = 41.2$	$= 20 \cdot \frac{0.96 \text{ OM} + 2 \text{ OM}}{0.96 \text{ OM} + 0.975 \text{ OM}} = 30.6$	$I_{\it smop\; H\Omega M}$
18 OM + 0.023 OM	16 OM + 0.430 OM	0,50 OM + 0.573 OM	= 1.2 · $\frac{17,000 \text{ A}}{1.3 \cdot 1,000 \text{ A}}$ · (0.8 Om + 0.625 Om) ·5 A = 111.8 B
$K'_{_{\rm mx}}$ требуемый = 28.8, $K_{_{\rm mx}}$ фактический = 40.8 28.8 < 40.8 ТТ выбран правильно	K'_{mx} требуемый = 17.9, K_{mx} фактический = 41.2 17.9 < 41.2 ТТ выбран правильно	K'_{mc} требуемый = 18.7, K_{mc} фактический = 30.6 18.7 < 30.6 ТТ выбран правильно	U_n требуемое = 111.8 В, U_n фактическое = 200 В 111.8 V < 200 V ТТ выбран правильно
$F_{\text{nop}} = \frac{I_{\text{nepe ham}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{nom of}}}{S_{\text{nom make}}} \cdot \frac{I_{\text{nom pere}}}{I_{\text{emop nom}}}$	$F_{\text{nop}} = \frac{I_{\text{nepe ham}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{nom of}}}{S_{\text{nom make}}} \cdot \frac{I_{\text{nom pere}}}{I_{\text{emop ham}}}$	$F_{\text{NOP}} = \frac{I_{\text{nepe nam}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{nam of}}}{S_{\text{nam make}}} \cdot \frac{I_{\text{nam pere}}}{I_{\text{emop nam}}}$	$\frac{I_{nepe\ non\ max}}{I_{nepe\ non\ main}} \le 8$
$= \frac{6,000 \text{ A} \cdot \sqrt{3} \cdot 13.8 \text{ kB}}{120,000 \text{ kBA}} \cdot \frac{1 \text{ A}}{1 \text{ A}}$	$= \frac{6,000 \text{ A} \cdot \sqrt{3} \cdot 13.8 \text{ KB}}{240,000 \text{ KBA}} \cdot \frac{1 \text{ A}}{1 \text{ A}}$	$= \frac{1,200 \text{ A} \cdot \sqrt{3} \cdot 132 \text{ kB}}{240,000 \text{ kBA}} \cdot \frac{5 \text{ A}}{5 \text{ A}}$	1,500 A 1,000 A = 1.5 ≤ 8 выполняется!
= 1.195 1/ ₈ ≤ 1.195 ≤ 8 выполняется!	= 0.598 1/ ₈ ≤ 0.598 ≤ 8 выполняется!	= 1.143 1/ ₈ ≤ 1.143 ≤ 8 выполняется!	

Таблица 2/3: Пример 1 (продолжение). Проверка цифровой дифференциальной защиты

Внимание (только для 7UT6 V4.0): при использовании низкоом¬ной дифференциальной защиты от замыканий на землю с огра¬ниченной защищаемой зоной должно выполняться следующее требование к 3-фазным ТТ, питающим данную защиту:

 $1/4 \le F$ кор ≤ 4 , (для TT, установленного в нейтрали: $⅓ \le F$ кор ≤ 8)

Дополнительное требование для реле 7SD52x, 53x, 610 (при их использовании в качестве дифференциальной защиты линии без трансформатора в защищаемой зоне): максимальное отношение номинальных первичных токов ТТ по концам защищаемой линии:

$$\frac{I_{\substack{nep$ ном макс}}}{I_{\substack{nep$ ном мин}}} \le 8$$

6

Пример 2: проверка торможения для цифровой защиты шин 7SS52

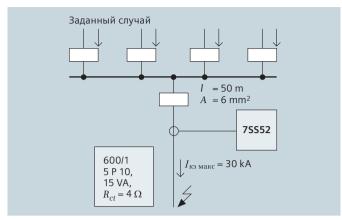


Рисунок 6.2-126: **Пример 2**

$$\frac{I_{\text{кз макс}}}{I_{\text{пере ном}}} = \frac{30,000 \text{ A}}{600 \text{ A}} = 50$$
В соответствии с таблицей 2/2, стр 2/48 Kan = ½

$$K'_{\text{лк}} \ge \frac{1}{2} \cdot 50 = 25$$

$$R_{_{\text{л}}} = \frac{15 \text{ BA}}{1 \text{ A}^2} = 15 \text{ OM}$$

$$R_{\text{pese}} = 0.1 \text{ OM}$$

$$R_{\text{npos}} = \frac{2 \cdot 0.0175 \cdot 50}{6} = 0.3 \text{ OM}$$

$$R'_{_{\text{л}}} = R_{\text{npos}} + R_{\text{pese}} = 0.3 \text{ OM} + 0.1 \text{ OM} = 0.4 \text{ OM}$$

$$K'_{_{\text{лк}}} = \frac{R_{\text{mm}} + R_{_{\text{n}}}}{R_{\text{mm}} + R_{_{\text{n}}}^{'}} \cdot K_{\text{nc}} = \frac{4 \text{ OM} + 15 \text{ OM}}{4 \text{ OM} + 0.4 \text{ OM}} \cdot 10 = 43.2$$

Результат:

Т. к. фактический $K'_{nk}=43.2$, а требуемый $K_{nk}=25$, то условие устойчивой работы выполняется.

Нагрузка реле

Нагрузка ТТ от цифровых реле Siemens составляет менее 0.1 ВА, и в практических расчетах ей можно пренебречь. Исключение составляют защита шин 7SS60 и реле с проводными каналами связи 7SD600.

Т. к. реле защиты шин 7SS52 и реле защиты трансформатора выполняют цифровую коррекцию коэффициентов трансформации TT, нет необходимости в применении промежуточных TT.

В общем случае аналоговые статические реле имеют нагрузку менее 1 ВА.

Электромеханические реле могут иметь нагрузку порядка 10 ВА. Данное обстоятельство следует учитывать при подключении старых реле к обмотке, к которой подключены цифровые реле.

В любом случае, фактическое значение нагрузки должно уточняться посредством соответствующей технической документации на реле

Нагрузка соединительных проводов

В расчетах необходимо учитывать активное сопротивление токовых цепей от TT до реле:

$$R_{npoe}$$
 = $\frac{2 \cdot \rho \cdot l}{A}$
 l = длина в м одиночного проводника от ТТ до реле

Удельное сопротивление:

 ρ = $0.0175 \frac{OM \cdot MM^2}{M}$ (медные проводники) при 20 °C

 A = поперечное сечение проводника в мм²

Расчет TT в соответствии с ANSI / IEEE C 57.13

Класс С данного стандарта определяет ТТ вторичным напряжением на его зажимах при протекании 20-ти кратного номинального тока, для которого токовая погрешность не превышает 10%. Стандартные классы для номинального вторичного тока 5 А: С100, С200. С400 и С800.

Приближенное значение напряжения на зажимах можно получить, используя величины МЭК, следующим образом:

Определение TT по ANSI

$$U_{emop\ Maxx} = 20 \cdot 5\ {\rm A} \cdot R_{_{N}} \cdot \frac{K_{_{mx}}}{20}$$
 где
$$R_{_{N}} = \frac{P_{_{N}}}{I_{_{emop\ Max}}} \times I_{_{emop\ Max}} = 5\ {\rm A,\ nonyvaem}$$

$$U_{_{emop\ Max}} = \frac{P_{_{N}} \cdot K_{_{nx}}}{5\ {\rm A}}$$
 Пример: MЭК 600/5, 5P20, 25 BA, 60044 ANSI C57.13:
$$U_{_{emop\ Maxx}} = \frac{(25\ {\rm BA} \cdot 20)}{5\ {\rm A}} = 100\ {\rm B,\ B\ cootb}.\ {\rm C\ Knaccom\ C100}$$

Более подробная информация приведена на сайте: www.siemens.com/protection

6.2.6 Руковолство по выбору реле

Основные функции устройства защиты			Дистанционная защита							Дифференциальная защита линии										
		Серия устройства защиты				SIPROTEC 4				Reyrolle		SIPROTEC 600er	SIPROTEC Compact		SIPROTEC 4		SIPROTEC 5		Reyrolle	
ANSI	Функция	Сокр.	7SA522	7SA61	7SA63	7SA64	7SA84	7SA86	7SA87	7SG163	7SG164	7SD60	7SD80	7SD610	7SD5	7SD84	7SD86	7SD87	7PG2111	7SG18
	Действие защитных функций на 3ф откл.	3-pole																		
	Действие защитных функций на 1ф откл.	1-pole	•	•	•	•	_	_		_	•	_	_	•	•	_	_		_	_
14	Защита от блокировки ротора	<i>I> + V<</i>	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
21	Дистанционная защита	z<										_	_	_	•	_	_	_	_	_
FL	Функция ОМП	FL										_	_						_	_
24	Защита от перевозбуждения	V/f	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
25	Функция контроля синхронизма, синхронизации	Sync	•	•	•	•	•	•	•	•	•	_	_	_	•	•	•	•	_	_
27	Минимальная защита по напряжению	V<	•	•	•	•	•	•	•	•	•	_	•	•	•	•	•	•	_	_
27TN/59TN	Защита статора от замыкания на землю по 3-ей гармонике	$V0$ <, > $_{(3rd\ harm.)}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	Контроль направления мощности	P>, P<	-	-			•	•	•	_	_	_	_	•		•	•	•	-	_
37	Минимальная защита по току/мощности	<i>I</i> <, <i>P</i> <	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	Мониторинг температуры	Θ >	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	Защита от потери возбуждения	$1/X_{_D}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	Защита от несимметричной нагрузки	12>	-	-	-	-	•	•	•	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	-
46	Максимальная токовая защита обратной последова- тельности	I2>, I2/II>	-	-	-	-	•	•	•	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	-
47	Контроль порядка чередования фаз напряжения	LA, LB, LC	-	-	•	•	=	-	-	•	•	-	-	•	-	•	•		-	-
48	Контроль времени пуска	I^2_{start}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	Защита от тепловой перегрузки	θ , I_2t	-	-	-	-	•	•	•	-	•	-	-	-		•	•	•	-	-
50/50N	МТЗ с независимой выдержкой времени	<i>I</i> >	-	-	-	-			-		-	•	-	-		-	-		•	-
50Ns	Чувствительная защита от замыканий на землю	$I_{Ns}>$	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	•	•	•	•	-	-
50Ns	Защита от перемежающихся замыканий на землю	lie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50L	Защита от блокировки ротора	$I>_L$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50BF	УРОВ	CBFP	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•	-	•	-	•	•	•	-	-
51 /51N	МТЗ с инверсной выдержкой времени	$I_p \ I_{Np}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
51V	МТЗ с пуском по напряжению	t=f(I)+V<	_	_	_	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

Другие функции описаны на следующей странице

^{■ =} базовая функция
• = опциональная функция (за доп. плату)
— = функция не доступна

¹⁾ В процессе разработки 2) Посредством СFC

ванна линии ренци дистан	биниро- я защита (диффе- альная и иционная щита)		сокоом защита				МТЗ	и защі	ита отх	одящ (дру	его при	исоеди гройст	инения ва опі	я / авто исаны	матик на стр	а отхо анице	дящег 324)	о прис	соедин	ения		
	SIPROTEC 5		Reyrolle			SIPROTEC easy		SIPROIEC BOUGE		SIPROTEC Compact				SIPROTEC 4			SIPROTEC 5			Reyrolle		
75L86	78187	7SR23 ¹⁾	7PG23	7SG12	75.145	75.146	75J600	75J602	75,180	75,181	7SC80	75J61	75J62	75J63	75J64	75385 1)	75,186	7SR11	7SR12	7SR210	7SR220	7SR224
		-	-	-		-	-		-				-			-		-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	•	•	•	•	•	-	-	-	_	_
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-
•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	-	• 1)	-	•	-	•	•	•	-	-	-	-	•
•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	•	-	•	•	•	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	■ 2)	-	•	•	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	•	•	•	•	•	1)	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
•	•	-	-	-	-	-	-	•	-	•	-	•	•	-	-	-		•	•	•	-	-
•	•	-	-	-	-	-	•	•	-	1	-	•	-	-		-	-	•	•	•	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	•			-		-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-
•	•	-	-	-	-	-	-		-		-		-	-		-		•	•		-	-
-	-	-	-	-		-	-	•	-		-	-	-	-	-	-			-	•	-	-
•	•	-	-	-	-	-	-	•	•	•	1)	•	•	•	•	•	• 1)	•	•	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	1)	-	-	•	•	-	•	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	_
•	•	-	-	-	-	-	-	•	-		-	•	•			•	•	•	-	•	-	-
-	-	-	-	-		-	-	•	-	•	-	•	•	-	-	-		•	-	•	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	1)	-	-	-	•	-		-	-	-		-		

^{■ =} базовая функция
• = опциональная функция (за доп. плату)
— = функция не доступна

¹⁾ В процессе разработки 2) Посредством СFC

	Основные функции	устройства защиты		Ди	стаі	нци	онн	ая з	ващ	ита		Ді	ифо	þep		иал ини		я за	іщи	та
		Серия устройства защиты			SIPROTEC 4			SIPROTEC 5		=	Keyrolle	SIPROTEC 600er	SIPROTEC Compact	, O. I. I. O. C. I. I. O. C. I. I. O. C. I. I. O. C. I.	SIPROTEC 4		SIPROTEC 5		- II - II - II - II	Keyrolle
ANSI	Функция	Сокр.	7SA522	7SA61	7SA63	7SA64	7SA84	7SA86	7SA87	7SG163	7SG164	7SD60	7SD80	7SD610	7SD5	7SD84	7SD86	7SD87	7PG2111	7SG18
55	Коэффициент мощности	cos ф						-		-	-	-	_	-	-				-	_
59	Максимальная защита по напряжению	V>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-
59R, 27R	Защита по скорости изменения напряжения	dV/dt	_	_	_	-	_	_	_	-	-	-	_	_	_	_	_	-	-	-
б4	Чувствительная защита от замыканий на землю (для электрических машин)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	Запрет перезапуска	Pt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_
67	Направленная МТЗ	$I \gt, I_p \angle (V, I)$	-	-	•	-	•	•	•	-	-	-	•	•	_	•	•	•	-	_
67N	ТНЗНП	$I_{\scriptscriptstyle N}\!\!>,I_{\scriptscriptstyle NP}\angle(V'\!,I)$	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	•	•	•	•	•	•	-	_
67Ns	Направленная чувствительная защита от замыканий на землю для сетей с компенсированной или изоли- рованной нейтралью	$I_{N}>$, \angle (V, I)	•	•	•	•	• 1)	1)	1)	_	-	-	-	-	•	1)	• 1)	• 1)	-	_
68	Блокировка при качаниях мощности	$\Delta Z/\Delta t$	•	•	•	•	•	•	•	П		_	_	_	•	_	_	_	_	_
74TC	Контроль цепи отключения	TCS						-	-			_	-						_	
78	Защита от асинхронного хода	$\Delta Z/\Delta t$	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	_	_	•	_	_	-	-	_
79	Автоматическое повторное включение	AR	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	_
81	Защита по частоте	f<, f>	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	•	•	•	•	•	•	-	_
81R	Защита по скорости изменения частоты	df/dt	_	-	-	-	-	_	-	-	-	-	•	-	_	-	_	-	-	-
	Функция обнаружения скачкообразного изменения фазы вектора напряжения	$arDelta arphi_U^>$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
81LR	Включение отключенной нагрузки	LR	_	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	_
85	Телеуправление		-		•		-	-		•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	-
86	Блокировка							-				-	-		-					
87	Дифференциальная защита	ΔI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
87N	Дифференциальная защита от замыканий на землю	$\Delta I_{_{N}}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	=	-	•	•	-	-	-	-	-
	Функция обнаружения обрыва провода для дифференциальной защиты		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	-
90V	Автоматическое регулирование напряжения		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_
PMU	Измерение параметров синхронных векторов	PMU	-	-	-	-	•	•	•	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	-

^{■ =} базовая функция
• = опциональная функция (за доп. плату)
— = функция не доступна

 $^{^{1)}}$ В процессе разработки $^{2)}$ Посредством СFC

ванна: линии ренци дистан	биниро- я защита (диффе- альная и иционная цита)		сокоом защита				МТЗ	и защі	ита отх	одящ((др <u>)</u>	его прі угие ус	исоеди тройс	инения тва оп	я / авто исаны	матик на стр	а отхо ранице	дящег 32 ⁴⁾	о прис	соедин	ения		
	SIPROTEC 5		Reyrolle) TTC COURT	SIPROTEC easy	, cool Cittodail	SIPROIEC BUDGE		SIPROTEC Compact				SIPROTEC 4		L	SIRKOIECS			Reyrolle		
75186	75L87	7SR23 1)	7PG23	75G12	75.145	75.146	75J600	751602	75,180	75.181	7SC80	75J61	75.162	75J63	75J64	75385 1)	75,186	7SR11	7SR12	7SR210	7SR220	7SR224
		-	-	-	-	-	-	_	•	•	•	-	•	<u>2</u>)	•	2)	2)	-	-	-	-	-
•	•	-	-	-	-	-	-	•	•	•	•	-	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	1)	-	-	-	•	-	•	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-
•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	•	•	•	•	•	-	-	-	=	-
•	•	-	-	-	-	-	-	_	•	•	•	-	•	•	•	•	•	-	-	-	=	-
1)	• 1)	-	_	_	_	-	-	•	•	•	1)	-	•	•	•	•	• 1)	-	-	_	-	_
•	•	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-		1)	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
•	•	-	-	-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-
•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	•	-	•	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	•		•	-	-	-	•	•	•	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	_	-	•	•	-	-	•	•	•	•	-	-	•	•		-	-
•		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	-	-	-	-	-

	Основные функции	устройства защиты		Ди	ста	нци	онн	ая з	защ	ита		Д	ифф	pep		иал ини		я за	ащи	та
		Серия устройства защиты		A CHICAGO	SIPROTEC 4			SIPROTEC 5		=	Reyrolle	SIPROTEC 600er	SIPROTEC Compact	A DEFORME	SIPROIEC 4		SIPROTEC 5			Keyrolle
ANSI	Функция	Сокр.	7SA522	7SA61	7SA63	7SA64	7SA84	7SA86	7SA87	7SG163	7SG164	7SD60	7SD80	7SD610	7SD5	7SD84	7SD86	7SD87	7PG2111	7SG18
	Дополнительные функции																			
	Измеряемые величины															-			-	
	Счетчики статистики коммутации			-			-		-		-	_			-	-			-	
	Редактор логики									-	_	-							-	-
	Обнаруж. броска тока намагн.		-	-	-	-		-		-	-	•					•		-	-
	Внешний пуск на отключение		-	-	-		-	-	-		-		•			-	-	•	-	-
	Управление		-	-			-	-				-				-	-	•	-	
	Осциллографирование аналоговых и дискретных сигналов		•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	-	-
	Расширенные функции регистрации аварийных процессов		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регистратор быстро изменяющихся процессов (с большой частотой дискретизации)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регистратор медленно изменяющихся процессов (с малой частотой дискретизации)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Непрерывный регистратор		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регистратор качества энергии (класс S)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регистратор GOOSE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регистратор последовательности событий		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Расширенные возможности пуска регистраторов		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Мониторинг и контроль		-	-	-	-	=	=	=	-	-	=	•	-	=	-	-	•	-	
	Последовательный интерфейс данных защиты		•	•	•	•	•	•	•	-		-	•			-	-		-	
	Количество групп уставок		4	4	4	4	8	8	8	8	8	-	4	4	4	8	8	8	-	8

^{■ =} базовая функция
• = опциональная функция (за доп. плату)
— = функция не доступна

 $^{^{1)}}$ В процессе разработки $^{2)}$ Посредством СFC

ванная линии (ренциа дистані	иниро- і защита (диффе- альная и ционная цита)		сокоом защита				МТЗ	и защ	ита от>					я / авто исаны				о прис	соедин	ения		
	SIPROTEC 5		Reyrolle			SIPROTEC easy		SIPROTEC 600er		SIPROTEC Compact				SIPROTEC 4			SIPROTEC 3			Reyrolle		
75L86	75L87	7SR23 1)	7PG23	75G12	75.145	75.146	75J600	751602	75,180	75,181	7SC80	75J61	75.162	75J63	75J64	75,185 1)	75,186	7SR11	7SR12	7SR210	7SR220	7SR224
			·	'										·								
-	-	-	-	-	-	-		-	-				-	-	-	-			-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	_	_	_	-			-	-	-			-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2)		-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				-	-			-		-			-
-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	•	•	-	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-		-	-		-	-	-	-	-	-
-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	•	•	-	-	-	-	-
8	8	8	_	8	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	8	8	4	4	8	8	8

	Основные функции	устройства защиты		3	ащита	а гене	ратор	а / дви	гател	Я		лен при един	оав- ние исо- нени- м
		Серия устройства защиты	CIPOCITION	Sirkol Ec Compact	SIPROTEC 5		SIPROI EC 4	Reyrolle		SIPROTEC 4		7170001	SIPROTECS
ANSI	Функция	Сокр.	75K80	75K81	7SK85 ¹⁾	7UM61	7UM62	7SG17	6MD61	6MD63	99QW9	6MD85	6MD86
7.1.05.	Действие защитных функций на 3ф откл.	3-pole							_	_	_	•	•
	Действие защитных функций на 1ф откл.	1-pole	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
14	Защита от блокировки ротора	I> + V<			_	•	•		_	_	_	_	_
21	Дистанционная защита	Z<	_	_	_	_	•	_	_	_	_	_	_
FL	Функция ОМП	FL	_	_	•	_	_	_	_	_	_	_	_
24	Защита от перевозбуждения	V/f	_	_	_		-	_	_	_	_	_	_
25	Функция контроля синхронизма, синхронизации	Sync	_	-	•	-	-	-	_	-	•	•	-
27	Минимальная защита по напряжению	V<	•	•	•			-	-	-	-	1)	o 1)
27TN/59TN	Защита статора от замыкания на землю по 3-ей гармонике	$V0$ <, > $_{(3rd\ harm.)}$	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-	_
32	Контроль направления мощности	P>, P<	•	•	•	-	-	-	-	-	-	o 1)	1)
37	Минимальная защита по току/мощности	<i>I</i> <, <i>P</i> <		-	•	•	•		-	-	-	_	_
38	Мониторинг температуры	Θ >			•	•	•	•	-	-	-	-	-
40	Защита от потери возбуждения	$1/X_D$	-	-	-	•	•	-	-	-	-	-	_
46	Защита от несимметричной нагрузки	<i>12></i>		-		•	•		-	-	-	•	•
46	Максимальная токовая защита обратной последова- тельности	<i>I2>, I2/II></i>	•	•		-	•	-	-	-	-	•	•
47	Контроль порядка чередования фаз напряжения	LA, LB, LC	•	•		-	-	-	-	-	-	_	_
48	Контроль времени пуска	I_{start}^2		•		•	•		-	-	-	_	_
49	Защита от тепловой перегрузки	θ , Pt			-		-	-	-	-	-	-	-
50/50N	МТЗ с независимой выдержкой времени	<i>I</i> >		•		-	-		-	-	-	•	•
50Ns	Чувствительная защита от замыканий на землю	$I_{Ns}>$	•	•	•			-	-	-	-	-	-
50Ns	Защита от перемежающихся замыканий на землю	lie	1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_
50L	Защита от блокировки ротора	$I>_L$		•		-	-	-	-	-	-	-	-
50BF	УРОВ	CBFP		•	•	•	•		-	-	•	-	•
51 /51N	МТЗ с инверсной выдержкой времени	$I_p \ I_{Np}$	•	•		•	•	-	-	-	-	•	•
51V	MT3 с пуском по напряжению	t=f(I)+V<	• 1)	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-

^{■ =} базовая функция
• = опциональная функция (за доп. плату)
— = функция не доступна

 $^{^{1)}}$ В процессе разработки $^{2)}$ Посредством СFC

	bar ection			Trar	nsforme	r protec	tion				aker Jement	Synd niz	chro- ing	Vol	tage and prote	d freque ection	ency	Fault recorder
SIPROTEC 600er	SIPROTEC 4		SIPROTEC 4			SIPROTEC 5		=	Keyrolle	SIPROTEC 4	SIPROTEC 5	SIPROTEC 4	Reyrolle	SIPROTEC 600er	SIPROTEC Compact	:	Keyrolle	SIPROTEC 5
75560	75552	7UT612	7UT613	7UT63	7UT85 ¹⁾	7UT86 ¹⁾	7UT87 ¹⁾	7SG14	7SR24	7VK61	7VK87	7VE6	7SG117	7RW60	7RW80	75G118	7SG15	7KE85 ¹⁾
	-	-			-	-	-	-		-	-	•	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	•	•	-	-	-	•	•	-	-	-	-	•	•	-	-	-
-	-	-	-	-	•	•	•	-	-	•	-		-	-	•	-	-	-
-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-
_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	•	•	•	•	•	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-				-	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	•	•	•	•	•	•	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
_	-	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	•	-	-	-	-	-	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	•	•	•	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	•	-	-	-	-	-	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	Основные функции	устройства защиты		3	ащит	а гене	ратор	а / дви	игател	Я			ние
		Серия устройства защиты		SIPRUI EC Compact	SIPROTEC 5		SIPROTEC 4	Reyrolle		SIPROTEC 4		SIBBOTECE	טודאטופרט
ANSI	Функция	Сокр.	75K80	75K81	75K85 ¹⁾	7UM61	7UM62	7SG17	6MD61	6MD63	99QW9	6MD85	6MD86
55	Коэффициент мощности	соя ф	•	•	2)	•	•	_	_	_	_	_	_
59	Максимальная защита по напряжению	V>	•	•	•			_	_	_	_	•	•
59R, 27R	Защита по скорости изменения напряжения	dV/dt	1)	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
64	Чувствительная защита от замыканий на землю (для электрических машин)		-	-	-	•	•	-	-	-	-	-	-
66	Запрет перезапуска	Pt .				•	•	_	_	_	_	_	_
67	Направленная МТЗ	$I >$, $I_p \angle (V, I)$	-	_	•			_	_	_	_	_	_
67N	ТНЗНП	$I_N >$, $I_{NP} \angle (V', I)$	•	•	•			_	_	_	_	_	_
67Ns	Направленная чувствительная защита от замыканий на землю для сетей с компенсированной или изолированной нейтралью	$I_N > , \angle (V, I)$	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-
68	Блокировка при качаниях мощности	$\Delta Z/\Delta t$	-	-	-	-	•	-	-	-	-	_	-
74TC	Контроль цепи отключения	TCS					-	-	-	-	-	-	-
78	Защита от асинхронного хода	$\Delta Z/\Delta t$	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-
79	Автоматическое повторное включение	AR	-	-	•	-	-	-	-	-	•	-	•
81	Защита по частоте	f<, f>	•	•	•			-	-	-	-	•	•
81R	Защита по скорости изменения частоты	df/dt	•	•	-			-	-	-	-	-	-
	Функция обнаружения скачкообразного изменения фазы вектора напряжения	$arDeltaarphi_U^>$	-	-	-	•	•	-	-	-	-	-	-
81LR	Включение отключенной нагрузки	LR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	Телеуправление		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
86	Блокировка				-			-	-	-	-	-	-
87	Дифференциальная защита	ΔI	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
87N	Дифференциальная защита от замыканий на землю	$\Delta I_{_{N}}$	-	-	-	•	•	-	-	-	-	-	-
	Функция обнаружения обрыва провода для дифференциальной защиты		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90V	Автоматическое регулирование напряжения		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PMU	Измерение параметров синхронных векторов	PMU	_	_	•	_	-		_	_	-	•	•

^{■ =} базовая функция
• = опциональная функция (за доп. плату)
— = функция не доступна

 $^{^{1)}}$ В процессе разработки $^{2)}$ Посредством СFC

Bus prote	bar ection			Trar	nsforme	r protec	tion				aker Jement	Sync niz	chro- ing	Vol	tage and prote	l freque ction	ency	Fault recorder
SIPROTEC 600er	SIPROTEC 4		SIPROTEC 4			SIPROTEC 5		:	keyrolle	SIPROTEC 4	SIPROTEC 5	SIPROTEC 4	Reyrolle	SIPROTEC 600er	SIPROTEC Compact	=	Keyrolle	SIPROTEC 5
75560	75552	7UT612	7UT613	7UT63	7UT85 ¹)	7UT86 ¹)	7UT87 ¹⁾	75G14	75R24	7VK61	7VK87	7VE6	75G117	7RW60	7RW80	75G118	75G15	7KE85 ¹⁾
-	-	-	-	-	•	•	•	-	-	-	-	-	-			-	-	-
-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	•	•	•	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	1)	1)	1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	-	•	•	-	-	-	•	-	-
_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-
_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	•	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-		•	•	•	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
_	-	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	•	-	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	•	•	•	-	-	-	•		-	-	-	-	-	

	Основные функции	устройства защиты		3	ащита	гене	ратор	а / дві	игател	Я		лен при един	оав- ние псо- пени- м
		Серия устройства защиты		SIPROI EC Compact	SIPROTEC 5		SIPROI EC 4	Reyrolle		SIPROTEC 4		i Citodais	SIRVOI EC 3
ANSI	Функция	Сокр.	75K80	75K81	7SK85 1)	7UM61	7UM62	7SG17	6MD61	6MD63	99QW9	6MD85	98QW9
7.1131	Дополнительные функции	conp.	• •				• •				_		
	Измеряемые величины								0				
	Счетчики статистики коммутации												
	Редактор логики							_	_				
	Обнаруж. броска тока намагн.					-	•	_	-	-	-	-	-
	Внешний пуск на отключение							_	-	-	-	-	-
	Управление				-			-	-	-		-	-
	Осциллографирование аналоговых и дискретных сигналов			•	-	•	•	-	-	-	•	•	-
	Расширенные функции регистрации аварийных процессов		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_
	Регистратор быстро изменяющихся процессов (с большой частотой дискретизации)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регистратор медленно изменяющихся процессов (с малой частотой дискретизации)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Непрерывный регистратор		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регистратор качества энергии (класс S)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регистратор GOOSE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Регистратор последовательности событий		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Расширенные возможности пуска регистраторов		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Мониторинг и контроль				-			-		•	•	-	-
	Последовательный интерфейс данных защиты		-	-	•	-	-	-	-	-	-	• 1)	1)
	Количество групп уставок		4	4	8	2	2	8	4	4	4	8	8

^{■ =} базовая функция
• = опциональная функция (за доп. плату)
— = функция не доступна

 $^{^{1)}}$ В процессе разработки $^{2)}$ Посредством СFC

Bus prote	bar ection			Trar	nsforme	r protec	tion				aker gement	Syno niz	chro- ing	Vol	tage and prote	d freque ection	ency	Fault recorder
SIPROTEC 600er	SIPROTEC 4		SIPROTEC 4			SIPROTEC 5		=	Keyrolle	SIPROTEC 4	SIPROTEC 5	SIPROTEC 4	Reyrolle	SIPROTEC 600er	SIPROTEC Compact	=	Keyrolle	SIPROTEC 5
75560	75552	7UT612	7UT613	7UT63	7UT85 ¹)	7UT86 ¹)	7UT87 ¹⁾	7SG14	7SR24	7VK61	7VK87	7VE6	7SG117	7RW60	7RW80	75G118	7SG15	7KE85 ¹⁾
	-	-			-	-	-	-	-	-		-		-	-	-	-	-
-	_				-	-	-		-	-		-		_		-	-	-
-	-				-	-	-	_	-	-		-	-	_		_	_	-
-	_	-	-		-	-	-	-	-	-		_	-	_	-	_	_	-
-	-	-	-			-	-	-	-	-		•		•		-	-	-
_	_				-	-	-		-	-		-		_		-	-	-
•	-	-	-	•	•	-	-	•	•		•	-	•	•	•	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•
-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	•
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1)
_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	1)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•
-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-		-	-	-		-	•	-		_	-	-	-	-
1	1	4	4	4	8	8	8	8	8	4	8	4	8	1	4	8	8	-

6.3 Автоматизация подстанции

6.3.1 Введение

В прошлом, эксплуатация и наблюдение за автоматизацией в энергетике и оборудованием подстанции было дорого, поскольку это требовало наличия на объектах персонала. Современные решения по автоматизации подстанций предоставляют возможность дистанционного наблюдения и управления всеми ресурсами, основанные на единой коммуникационной платформе, которая интегрирует все элементы, от нижнего уровня до центра управления. Продукты Siemens по автоматизации подстанции могут быть точно подобраны для удовлетворения пользовательских запросов для энергохозяйств, а также для промышленных предприятий и массовых потребителей. Перечень решений компании Siemens охватывает весь диапазон сервисов от анализа до эксплуатации всей системы и обеспечивает полное наблюдение за ресурсами. Благодаря сбору и передаче всех актуальных данных и информации, технологии компании Siemens в области автоматизации подстанции и телемеханики являются залогом стабильной работы сети. Новые приложения, такие как онлайнмониторинг, могут быть легко интегрированы в существующую ИТ-архитектуру. Это иллюстрирует то, как Siemens позволяет экономить ресурсы и делает возможным оптимальную автоматизицию всего оборудования на протяжении всего его срока службы.

6.3.2 Обзор и решения

В течение последних лет факторы влияния на бизнес энергосбытовых компаний сильно изменились. Подход для работы энергосистемы изменился от статического анализа квази-установившихся процессов до динамического оперативного управления энергосистемой. Повышенные требования в части экономии всех ресурсов в течение всего срока службы оборудования сети приобретают все большее значение.

В результате чего сильно возросла значимость системы автоматизации, а требования к управлению, защите и дистанционному управления претерпели серьезные принципиальные изменения:

- Гибкие и индивидуальные решения для различных приложений
- Безопасное и надежное управление

- Экономически эффективные инвестиции и экономная эксплуатация
- Эффективное управление проектами
- Долгосрочные концепции, перспективные и открытые для новых требований

Решения Siemens в области автоматизации в энергетике предлагает ответы на все актуальные на сегодняшний день вопросы со стороны энергохозяйств. Опираясь на разносторонний ассортимент продукции и многолетний опыт, Siemens разрабатывает и предоставляет решения для всех уровней напряжения и всех видов подстанций (рис. 6.3-1).

Решения Siemens в области автоматизации в энергетике возможны как для реконструкции существующих, так и для строительства новых подстанций «под ключ», и могут быть использованы в классических централизованных или распределенных концепциях. Все функции автоматизации могут выполняться там, где это необходимо.

Гибкие и индивидуальные решения для различных приложений в области автоматизации в энергетике Siemens предлагают ряд унифицированных стандартных конфигураций и функций для многих типовых задач. В то время, как стандартные решения облегчают использование продуктов с гибкой архитектурой, они также могут исползоваться в более сложных и индивидуальных приложениях. Сбор всех видов данных, вычисления и функции автоматизации, а также универсальные средства связи могут быть гибко объединены для формирования конкретных решений, вписывающихся в существующее системное окружение.

Классический интерфейс к первичному оборудованию - централизованный с большим количеством контрольных кабелей, упорядоченных с помощью кросс-шкафов. В таких условиях стандартом являются центральные панели РЗА и централизованные устройства телемеханики (RTU). В качестве интерфейсов данных могут использоваться модули ввода/вывода, размещенные внутри устройства RTU или внешние интеллектуальные терминальные модули, которые могут оснащаться даже дискретными входами под оперативное напряжение 220 в DC или входами для прямого подключения TT/TH.



Рис. 6.3-1: Продукты автоматизации в энергетике Siemens

РЗА подстанций, качество электроэнергии и измерения 6.3 Автоматизация подстанции

Даже в таких конфигурациях пользователь может воспользоваться преимуществами полной автоматизации и коммуникационных возможностей. Это означает, что в систему включено классическое решение на базе RTU, интерфейсы для связи с другими IED, а ЧМИ для мониторинга и управления станцией можно добавить в качестве опции. Кроме того, устройства P3A также подключаются к RTU, благодаря чему данные от этих устройств доступны как на локальной операторской станции, так и в удаленном центре управления.

Все компоненты семейства SICAM RTU - AK, TM, BC, CMIC, EMIC и MIC - могут оснащаться различными интерфейсами связи, как последовательными, так и Ethenet (TCP/IP). Доступны различные протоколы согласно стандартам МЭК: МЭК 60870-5-101/103/104, МЭК 61850, МЭК 62056-21, МЭК 61107, а также многие другие популярные протоколы различных производителей.

На рис. 6.3-2 показан пример реконструкции и централизованного сбора данных на подстанции СН. Интерфейс к первичному оборудованию заводится через кросс-шкаф, но возможно использование любого оперативного напряжения (24-220 В DC). Электронные терминальные модули предназначены для замены традиционных клеммных колодок, что позволяет реализовать бо-

лее экономичный дизайн. Существующие устройства РЗА можно подключить как по протоколу МЭК 60870-5-103, так и по более современному протоколу МЭК 61850.

На новых подстанциях количество кабелей может быть уменьшено путем децентрализации системы автоматизации. Устройства РЗА и контроллеры присоединений располагаются как можно ближе к первичному оборудованию распределительного устройства. Как правило, они расположены в помещении релейного щита (СВН) или непосредственно в шкафах местного управления в помещении КРУЭ (ВН). Прочная конструкция с максимальной ЭМС-защитой обеспечивает высокий уровень безопасности и належности.

Для управления подстанцией доступны два продукта: SICAM PAS представляет собой программно-ориентированный продукт, основанный на стандартном промышленном аппаратном обеспечении, в то время как контроллеры семейства SICAM RTU представляют собой модульное аппаратно-ориентированного решение, которое заполняет пробел между классическими устройствами телемеханики (RTU) и системой автоматизации подстанции (рис. 6.3-3).

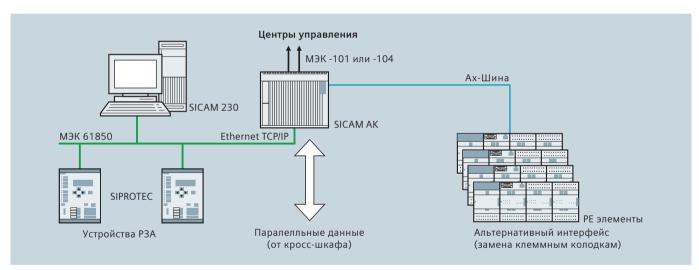


Рис. 6.3-2: Пример реконструкции и централизованного сбора данных на подстанции СН

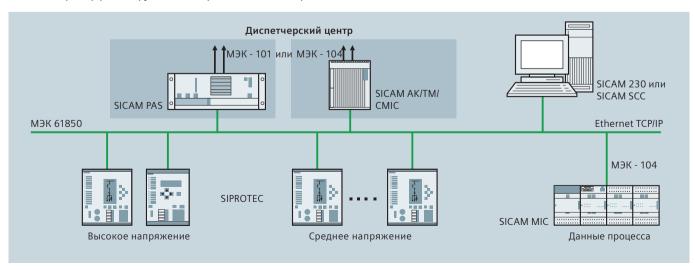


Рис. 6.3-3: Основной принцип автоматизации подстанции на базе SICAM с альтернативными станционными контроллерами

6.3 Автоматизация подстанции

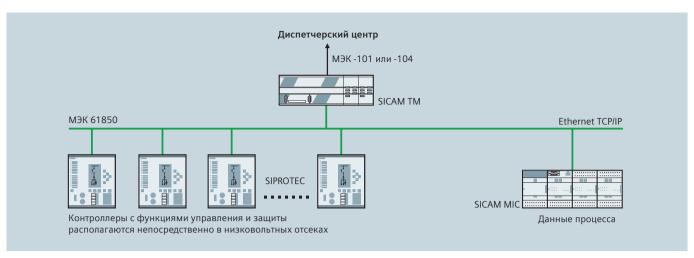


Рис. 6.3-4: Контроллеры с функциями управления и защиты располагаются непосредственно в низковольтных отсеках

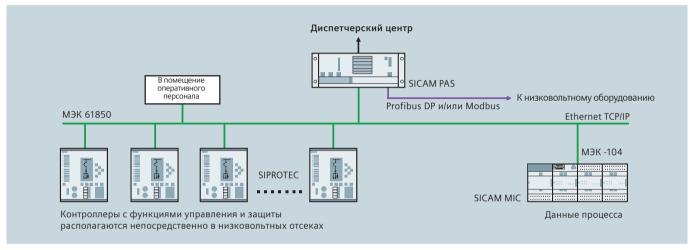


Рис. 6.3-5: Пример распределительной подстанции для питания промышленных объектов

Гибкие решения Siemens возможны для каждого вида подстанций:

- Для разных уровней напряжения, от системообразующих подстанций до транзитных подстанций
- Для новых подстанций или для модернизации существующих
- Для элегазовых или воздушных выключателей
- Для внутренней или внешней установки
- Для обслуживаемых и необслуживаемых подстанций

Коммуникации это основа любой системы автоматизации. Решения Siemens предназначены для сбора данных от высоковольтного оборудования и последующего предоставления этих данных различным пользователям: нужную информацию для нужных пользователей в нужное время и в нужном месте с нужным качеством и надежностью. Вот некоторые стандартные примеры типовых конфигураций. Они являются элементами, которые могут быть скомбинированы согласно соответствующим требованиям. Продукты, служащие «кирпичиками» данных конфигураций, являются неотемлемой частью налаженной работы системы и поддерживают принцип единоразового ввода данных при параметрировании. Это означает, что нет необходимости вводить данные несколько раз. Даже если для определенных конфигураций используется несколько программных инструментов,

они позволяют экспортировать и ипортировать данные для более эффективного инжиниринга.

Пример небольшой подстанции СН: Как правило, она состоит из 4-16 присоединений СН и не имеет обслуживающего персонала. В большинстве случаев устройства с комбинированным функционалом РЗА и контроллера присоединения располагаются непосредственно в низковольтных отсеках панелей РУ. Единое устройство ЧМИ обычно не требуется, поскольку такие подстанции обычно управляются дистанционно, и в случае локального сервисного / технического обслуживания ими легко управлять с панелей РУ (рис. 6.3-4).

Пример распределительной подстанции для питания промышленных объектов: в принципе, все похоже на конфигурации выше, но объекты часто связаны с центром управления с помощью локальной сети (LAN). Отличительной особенностью является интерфейс для низковольтных распределительных щитов, а иногда даже и для системы промышленной автоматизации для обмена данными. В данном случае совместимость продуктов SIMATIC упрощает интеграцию системы (рис. 6.3-5).

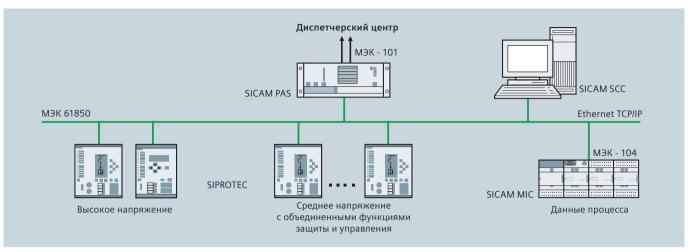


Рис. 6.3-6: Пример подстанции распределительной сети

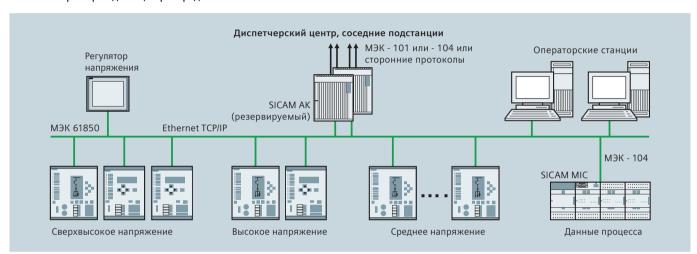


Рис. 6.3-7: Пример для передачи данных подстанции

Подстанция распределительной сети требует более сложной системы: на ПС должно быть 2 или 3 уровня напряжения; обычно требуется операторское АРМ; больше количество коммуникационных интерфейсов к внешним устройствам, разделенные устройства для управления и защиты на уровне ВН, мощная локальная сеть на базе протокола МЭК 61850, и удаленный доступ для технического обслуживания являются характерной чертой таких вариантов применения (рис. 6.3-6).

В распределительной подстанции, как правило автоматизирваны от двух до четырех уровней напряжения. Требование надежности для таких ПС имеет наивысший приоритет. Таким образом, резервирование на уровне подстанции, как правило, требуется и для устройств управления, и для устройств эксплуатации ПС. Часто требуется несколько операторских станций, а несколько каналов связи к различным центрам управления или к соседним подстанциям являются стандартной ситуацией. Хотя большинство стандартных приложений использует протоколы МЭК, для устройств сторонних производителей также должны предлагаться специализированные протоколы. Функции комплексной автоматизации поддерживают эксплуатацию и техническое обслуживание таких подстанций, к примеру регулятор напряжения с управлением РПН, контроль синхронизма, автоматические переключающие последовательности и т.д. (рис. 6.3-7).

Устройства также обладают гибкостью: контроллеры присоединений, устройства РЗА, станционные контроллеры АРМ операторов и устройства телемеханики (RTU) могут быть сконфигурированы для применения на любом объекте - от небольших до очень крупных подстанций. Известные продукты серии SICAM и SIPROTEC - это хорошо зарекомендовавшая себя база для решений от Siemens.

Безопасное и надежное управление

Решения Siemens предоставляют человеко-машинные интерфейсы (ЧМИ) для каждого уровня управления и снабжают операторов достоверными данными и простыми и безопасными функциями управления.

На уровне фидера:

- Традиционные панели с кнопками и инструментами для модернизации объекта
- Электронная передняя панель, объединенная с контроллерами присоединений (по умолчанию)
- Точки доступа для передачи данных в контроллеры среднего уровня
- Переносные сенсорные панели управления с беспроводным доступом в определенных зонах

6.3 Автоматизация подстанции

На уровне подстанции:

- Одиночный или резервируемый ЧМИ
- Распределенная архитектура сервер/клиент с несколькими терминалами (возможно, удаленными)
- Интерфейс для инженерных систем здания

Все мнемокадры ЧМИ разработаны в соответствии с эргономическими требованиями, чтобы дать операторам понятную информацию, удобную при работе. Команды управления будут приняты только в случае, если права доступа соответствуют заданным, ключи авторизации управления (местное/дистанционное) находятся в нужном положении, а последовательность команд выполняется в нужном порядке. С особым вниманием проверяется тот факт, что обрабатываются только нужные и правильно сгенерированные команды, которые затем передаются на коммутационный аппарат.

Поддерживаются некоторые функции автоматизации:

- Оперативные блокировки
- Блокировка присоединения или блокировка телемеханики (опция)
- Последовательность команд (опция)
- Автоматическое повторное включение (опция)
- Автоматическое включение резерва (опция) и т.д.

Все мнемокадры ЧМИ организованы иерархически для удобного доступа пользователя к нужной информации и для быстрого поиска неисправностей. Кроме того, сигнализация и журналы событий, графики данных, записи аварийных событий, архивы и гибкая система отчетов помогут проанализировать любую ситуацию в энергосистеме (рис. 6.3-8).

В целях безопасности только специально уполномоченный персонал получает доступ к оперативным и техническим средствам. Гибкие права доступа определены для операторов, разработчиков и обслуживающего персонала, права для наладчиков и оперативного персонала также различаются.

Надежность передачи данных обеспечивается использованием защищенных протоколов и безопасным типом сети. В частности, необходимость в таких сложных мерах появляется из-за легкого дистанционного доступа к подстанциям. Опытные инженеры Siemens обладают всеми необходимыми знаниями о концепции безопасности сети.

Экономически эффективные инвестиции и экономная эксплуатация

Масштабируемые решения от Siemens используются для того, чтобы инвестиции были эффективными. Индивидуальные конфигурации и функции гарантируют, что предлагается только необходимый объем оборудования и услуг. Эффективные инструменты обеспечивают быстроту и простоту проектирования и поддерживают все этапы проектирования системы автоматизации, от сбора данных на подстанции до развертывания всех необходимых функций, и, наконец, отчетов и архивации. Длительный срок службы задействованных перспективных продуктов расширяет период времени между инвестициями в системы автоматизации.

Решения Siemens обеспечивают низкую стоимость владения, принимая в расчет все расходы в течение срока службы. Системы автоматизации не требуют технического обслуживания, и могут быть расширены при необходимости в будущем. Наконец, что не менее важно, мощные инструменты для дистанционного технического обслуживания (диагностики, настройки, обновления, тестирования, и т.д.) обеспечивают очень экономичный способ поддерживать любую подстанцию в актуальном и рабочем состоянии.

Простое применение решений обеспечивается:

- Одинаковым способом работы с ЧМИ на различных уровнях.
- Вертикальной и горизонтальной совместимостью задействованных продуктов.
- Принципом «включил и работай» для запасных частей путем простой замены флэш-карты.

Снижение затрат на проектирование благодаря

- Единому управлению данными, единоразовому вводу данных при параметрировании.
- Легкость настройки и загрузки данных даже при дистанционной работе.
- Интегрированная функция тестирования.

Снижение расходов в течение срока службы

- Интегрированная функция самодиагностики во всех компонентах
- Мощные средства диагностики в понятном текстовом формате
- Удаленный доступ для диагностики, настройки, тестирования, расширения и др.

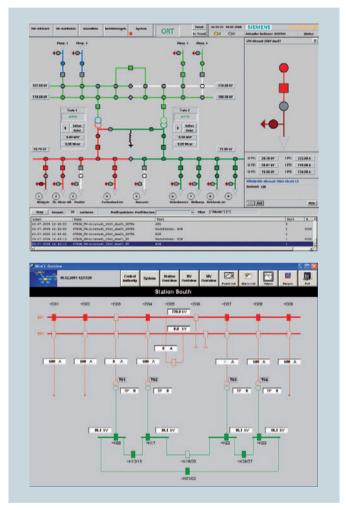


Рис. 6.3-8: Человеко-машинный интерфейс для каждого уровня

Уменьшение сложности путем бесшовной коммуникации

- Мировой стандарт МЭК 61850, продвигаемый Siemens
- Интегрированные ИТ-концепции безопасности
- Интегрированные новейшие технологии

Эффективные и современные проекты

Решения для автоматизации в энергетике являются частью обширной программы "Siemens One". Это означает, что решения в области автоматизации в энергетике интегрированы в различные приложения благодаря огромной активности и опыту Siemens:

- Электрические сети передачи и распределения
- Комплексная автоматизация зданий
- Решения для трубопроводов и инфраструктуры
- Железнодорожные системы «под ключ»

Все они используют решения по автоматизации в энергетике и соответствующую передачу опыта для эффективного проектирования и выполнения заказа. Наши центры проектирования располагаются по всему миру (рис. 6.3-9).

Долгосрочная стабильность и перспективные возможности для новых требований

С системой автоматизации в энергетике Siemens каждый пользователь получает преимущества более чем 70-летнего опыта в области дистанционного управления и автоматизаций подстанций. Системы автоматизации в энергетике проектируются с упором на длительный срок эксплуатации. Инновации базируются на существующих продуктах, а совместимость продуктов разных поколений является частью философии развития Siemens.

Широкое применение имеющихся стандартов МЭК решительно поддерживает долгосрочную стабильность и расширяемость. Коммуникационные протоколы, например, МЭК 61850 на подстанции, МЭК 61970 для центров управления и МЭК 60870-5 для дистанционной коммуникации. Они образуют стабильную основу для комплексных решений по автоматизации в энергетике. Кроме того, системы проходят проверку в условиях жесткой окружающей среды и сертифицируются в соответствии с действу-

ющими стандартами МЭК.

Инвестиции в нашии решениях защищены «вечнозеленой концепцией», которая определяет методы миграции в случаях, когда новое поколение продуктов выводится на рынок, например, решение для миграции SICAM LSA 678, выпускаемых с начала 90-х годов: заменяя станционный контроллер на сегодняшнюю систему SICAM PAS, можно сохранить существующие фидерные устройства и импортировать существующую базу данных с настройками в новый инструментарий SICAM PAS UI. Этот метод значительно сокращает работы по модернизации и расширяет функционал системы: в последующие годы подстанция может быть расширена новыми фидерными устройствами за счет использования МЭК 61850, несмотря на то, что некоторые компоненты системы могут быть старше 15 лет (рис. 6.3-10).



Рис. 6.3-9: Центры проектирования Siemens по всему миру

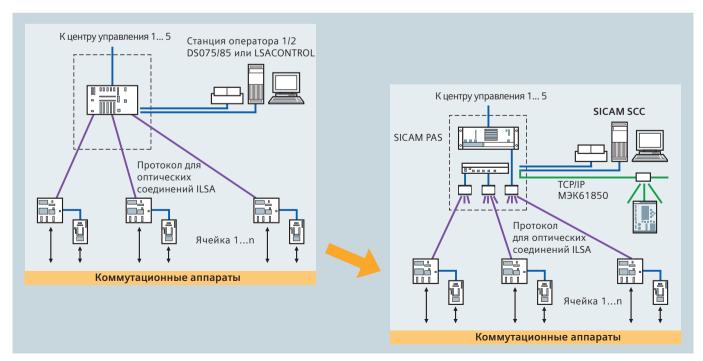


Рис. 6.3-10: Миграция от LSA к PAS

6.3 Автоматизация подстанции

Наши решения не только совместимы со старыми устройствами, они также являются инновационными. Siemens была награждена Frost&Sullivan Technology Leadership Award 2006 за новаторские работы по развитию инновационных технологий, МЭК 61850

С решениями Siemens по автоматизации в энергетике каждый пользователь получает надежные решения: сочетание многолетнего опыта и новейших инноваций обеспечивает надежность на много лет вперед.

6.3.3 SICAM PAS

SICAM PAS (PAS - Power Automation System, АСУ ТП) отвечает всем требованиям, которые предъявляются к распределенным системам управления подстанциями - как сейчас, так и в будущем. Среди многих других стандартизированных протоколов связи, SICAM PAS, в частности, поддерживает стандарт МЭК 61850 для связи между подстанциями и между интеллектуальными электронными устройствами (IED). SICAM PAS является открытой системой и - в дополнение к стандартизированным процессам передачи данных - предоставляет пользовательские интерфейсы для интеграции конкретных систем/задач и предлагает различные варианты автоматизации. Система SICAM PAS, таким образом, может быть легко включена в существующие системы и использоваться для системной интеграции. С помощью современных средств диагностики система оптимально поддерживает процесс наладки и технического обслуживания. SICAM PAS четко структурирована и надежна благодаря своей открытой, полностью задокументированой и протестированной системе (рис. 6.3-11).

Обзор системы, приложения и функциональные возможности SICAM PAS

- SICAM PAS является решением по автоматизации в энергетике; системная архитектура обеспечивает масштабируемость продукта.
- SICAM PAS подходит для эксплуатации на подстанции не только

- с одного компьютера станционного уровня, но также и в сочетании в другими компонентами SICAM PAS или с другими устройствами управления подстанции. Коммуникация в сети основана на мощной локальной сети Ethernet.
- Со своими особенностями и модульной расширяемостью система SICAM PAS охватывает широкий спектр применений и поддерживает распределенную конфигурацию системы. Распределенная система SICAM PAS выполняется одновременно на нескольких компьютерах.
- SICAM PAS может использовать существующие аппаратные компоненты и коммуникации, а также их совместную работу.
- SICAM PAS выполняет мониторинг и управление данными процесса для всех устройств подстанции в рамках поддерживаемых протоколов передачи данных.
- SICAM PAS это коммуникационный шлюз. Вот почему требуется лишь одно подключение для передачи данных к системе управления верхнего уровня.
- SICAM PAS позволяет интегрировать графическую систему визуализации технологического процесса непосредственно на подстанции.
- SICAM PAS упрощает процесс установки и параметрирования новых устройств благодаря своему интуитивно-понятному пользовательскому интерфейсу.
- Система SICAM PAS известна своей возможностью изменения параметров в онлайн-режиме, особенно в случаях, когда система должна быть расширена. Не требуется время на компиляцию, загрузка в целевую систему не требуется совсем, либо только в том случае, если конфигурация выполняется на отдельном инженерном ПК.
- Система SICAM PAS предоставляет интегрированные функции тестирования и диагностики.
- Ее дружелюбный интерфейс, логика управления для оператора, ориентированность на Windows, ее открытая структура идеально подходят под требования пользователей.
- Система SICAM PAS разработана в соответствии с выбранными стандартами безопасности и отвечает современным требованиям, которые предъявляются к безопасному соединению.

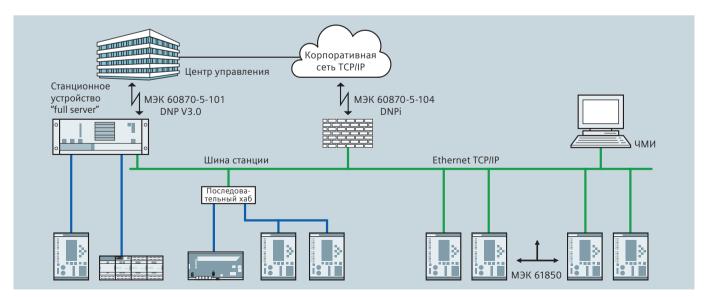


Рис. 6.3-11: Типовая конфигурация SICAM PAS; интеллектуальные электронные устройства подключаются к станционному устройству по МЭК 61850 и различным другим протоколам (МЭК 60870-5-103, DNPV3.00 и т.д.). Станционное устройство обменивается данными с центром управления по протоколу МЭК 60870-5-101 и / или 104

6.3 Автоматизация подстанции

Архитектура системы

SICAM PAS работает на промышленном типовом оборудовании с операционной системой Microsoft Windows. Преимуществами данной платформы являются низкие аппаратные и программные затраты, простота эксплуатации, масштабируемость, гибкость и постоянно доступная поддержка. В распределенной системе с большими объемами данных в режиме реального времени приложения могут быть распределены между несколькими компьютерами, повышая, таким образом, производительность, готовность и надежность подключения.

Система баз данных хранит и систематизирует информацию (например, данные конфигурации, данные о состоянии администрирования и т.д.). Функция ведущего устройства («мастера») поддерживает большое количество известных протоколов для обмена данными с интеллектуальными электронными устройствами.

Функция нормализации данных SICAM PAS позволяет выполнять преобразования, например, фильтрацию измеренных значений, вычисление порогового значения и линейных характеристик.

SICAM SCC используется для процесса визуализации. Специально разработанное для применения в энергетике, это ПО помогает оперативному персоналу в оптимизации управления. ПО позволяет управлять различными объектами подстанции и предоставляет четкую и наглядную визуализацию рабочих состояний системы. Программное обеспечение SICAM SCC базируется на основе SIMATIC WinCC, одного из ведущих инструментариев по визуализации технологического процесса, который используются в промышленной автоматизации во всем мире.

Чтобы облегчить анализ аварии, записи аварийных событий извлекаются из устройств защиты и архивируются автоматически в процессе работы системы. Эта функция, в частности, поддерживается для стандартных протоколов МЭК 61850 и МЭК 60870-5-103, а также для PROFIBUS FMS (SIPROTEC 4) и SINAUT LSAS ILSA. Кроме того, регистраторы аварийных событий SIMEAS R также могут быть подключены к системе, а их детальные записи можно считать из устройства и заархивировать.

Для управления архивом записей аварийных событий используется программа SICAM PQ Analyzer с его подпрограммой Incident Explorer. Записи аварийных событий отображаются и оцениваются стандартно с помощью программы Comtrade View. Как вариант можно использовать ПО SIGRA 4 с дополнительными функциями.

Обмен данными

Интерфейсы устройств и коммуникационные протоколы
На подстанции, которая сконфигурирована и работает с SICAM
PAS, можно использовать различные виды устройств P3A, IED,
контроллеров присоединения, измерительных преобразователей
и регистраторов, а также устройства телемеханики широкого
спектра производителей. SICAM PAS предлагает большой ряд
коммерчески доступных коммуникационных протоколов для
сбора данных от различных устройств через различные коммуникационные каналы. Дальнейшее расширение системы не вызовет
никаких сложностей.



Рис. 6.3-12: Контроллеры присоединения и устройства защиты SIPROTEC 4



Рис. 6.3-13: Контроллеры присоединения SIPROTEC 4 с местным управлением

Протоколы

SICAM PAS поддерживает следующие коммуникационные протоколы (опционально):

- Связь с центром управления МЭК 60870-5-101, МЭК 60870-5-104, DNP V3.00, MODBUS, TG 8979, CDT
- Открытый обмен данными через OPC-сервер, OPC XML DAсервер, OPC-клиент
- Связь с устройствами подстанции МЭК 61850, МЭК 60870-5-101, МЭК 60870-5-103, МЭК 60870-5-104, DNP V3.00, PROFIBUS FMS (SIPROTEC 4), PROFIBUS DP, MODBUS, SINAUT LSA-ILSA

Рис. 6.3-14: Универсальная коммуникация с помощью SICAM PAS

6.3 Автоматизация подстанции

Доступные протоколы:

Эти коммуникационные протоколы и драйверы устройств можно получить в качестве опциональных дополнений к стандартному комплекту SICAM PAS.

- МЭК 61850 (Клиент):
- МЭК 61850 является коммуникационным стандартом для подключения устройств защиты и контроля присоединения и управления станцией на основе Ethernet. МЭК 61850 поддерживает прямой обмен данными между IED, позволяя, таким образом, организовывать оперативные блокировки независимо от станционного устройства управления, например.
- Ведущее устройство МЭК 60870-5-103:
 Устройства защиты, IED, контроллеры присоединений, измерительные преобразователи и регистраторы и устройства АРНТ многих производителей поддерживают протокол МЭК 60870-5-103 и могут быть подключены непосредственно к SICAM PAS.
- Ведущее устройство МЭК 60870-5-101: Протокол МЭК 60870-5-101 обычно используется для подключения устройств телемеханики. Поддерживается "симметричный" и "несимметричный" режим трафика.
- Автоматический коммутируемый доступ (Dial up) также поддерживается для подключения к подстанции по этому протоколу.
 SICAM PAS может устанавливать коммутируемое подключение к подстанции либо циклически, либо по мере необходимости (например, для выдачи команды). В свою очередь, подстанция также может устанавливать соединение циклически или в случае появления событий.
- Ведущее устройство МЭК 60870-5-104: Кроме того, также поддерживается подключение подстанций на основе TCP / IP протокола МЭК 60870-5-104.
- DNP V3.0 (Ведущий) Уровень 3:
 Помимо протоколов МЭК -101 и -104, возможно использование другого стандартизированного протокола DNP3.0, который поддерживается многими IED и устройствами телемеханики во всем мире. Устройства могут соединяться как последовательно, так и по протоколу TCP/IP (DNPi). Коммуникация на основе ТСР/IP может работать с асимметричной процедурой шифрова-

ния, таким образом соответствуя требованиям безопасности.

- PROFIBUS DP (ведущий):
 PROFIBUS DP это мощный протокол полевой шины. Например, он используется в промышленной автоматизации и дл автоматизации поставки электроэнергии и газа. PROFIBUS-DP служит интерфейсом для многофункциональных измерительных приборов, таких как SICAM P (I, U, P, Q, KM (соѕф) или, например, для подключения компонентов ET200 для сбора сообщений и для простых команд. Сообщения, например, могут быть полу-
- Ведущее устройство MODBUS Кроме PROFIBUS DP, в промышленности также известен протокол MODBUS. SICAM PAS позволяет подключать IED и устройства телемеханики по этому протоколу, как через последовательный порт, так и через TCP/IP-соединение.

чены от сигнальных контактов разъединителя.

- PROFIBUS FMS (SIPROTEC4).
 Большинство контроллеров присоединений SIPROTEC 4 и устройств релейной защиты могут быть подключены к станционному устройству SICAM PAS через PROFIBUS FMS.
- SINAUT LSA ILSA (ведущий)
 Коммуникация по протоколу SINAUT LSA ILSA это особое преимущество SICAM PAS. Существующие центральные устройства LSA могут быть заменены без изменения конфигурации на уровне ячейки.

Подключение к диспетчерским центрам, распределенное подключение к технологическому процессу и его визуализация

- SICAM PAS работает на базе операционных систем Microsoft Windows. Это означает, что широкая поддержка Windows, которая предлагается для современных протоколов связи также доступна с SICAM PAS.
- SICAM PAS был задуман для простой и быстрой интеграции традиционных протоколов. Пожалуйста, свяжитесь с Siemens в случае возникновения вопросов об интеграции пользовательских протоколов.
- С целью соединения с центрами управления более высокого уровня поддерживаются стандартизированные протоколы телеуправления МЭК 60870-5-101, МЭК 60870-5-104 и DNP V3.00 (последовательный и по IP (DNPi)), а также MODBUS (последовательный и по IP), ТG 8979 (последовательный) и CDT (последовательный). Безопасность или "безопасная коммуникация" приобретает все большее значение. Асимметричное шифрование позволяет установить безопасную связь с центром управления верхнего уровня по МЭК 60870-5- 104 и DNP V3.00 через TCP/IP. Для DNP V3.00 в качестве дополнительного механизма безопасности может использоваться аутентифика-
- Распределенное подключение к технологическому процессу на подстанции стало возможным благодаря SICAM PAS Device Interface Processor (DIP) (Процессор интерфейса устройства).
- SICAM PAS также можно устанавливать на компьютеры, объединенные в сеть по TCP/IP. В данном случае один компьютер выполняет задачу так называемого "Full Server". В качестве DIP могут использоваться до шести других компьютеров. С помощью этой архитектуры система может быть адаптирована к топологии подстанции, а ее производительность также может быть увеличена.
- SICAM PAS позволяет использовать систему визуализации технологического процесса SICAM SCC для централизованного мониторинга и управления технологическими процессами. Для промышленного применения легко настроить интерфейс системы визуализации процесса посредством технологии OPC.
- SICAM PAS может быть сконфигурирован как сервер OPC или как клиент OPC. Переменные процесса SICAM PAS доступны при помощи приложения OPC сервер и могут быть считаны и изменены с OPC-клиентов, работающих либо на том же устройстве, либо на другом, но в пределах одной сети TCP/IP. Этот механизм позволяет, например, установить связь с другими системами визуализации процесса. OPC-сервер включен в базовую систему SICAM PAS. При необходимости функциональность сервера может быть расширена до OPC XML DA для связи с клиентами на базе других операционных систем, а также за пределами брандмауэра. С помощью функции OPC-клиента можно считывать и изменять данные из других OPC-серверов. Типичным применением может быть подключение программируемых контроллеров SIMATIC. OPC-клиент предлагается в качестве опции.
- SICAM Diamond может быть использован для мониторинга системных интерфейсов, для индикации состояния коммутационных аппаратов и актуальных измеренных значений, а также для другой диагностики. Помимо этих диагностических экранов без возможности конфигурирования SICAM Diamond также поддерживает ведение журналов событий и тревог, а также визуализацию процесса в виде однолинейных схем, и таким образом может использоваться в качестве простого человеко-машинного интерфейса. Сообщения и измеренные значения могут быть заархивированы в файлы (ежемесячно). С одной стороны, SICAM Diamond состоит из Diamond Сервера, который подключается непосредственно к SICAM PAS и подготавливает данные для доступа с помощью Веб-браузера, а с другой стороны - из SICAM Diamond клиента, который выступает в качестве интерфейса оператора, используя Microsoft Internet Explorer. За исключением Microsoft Internet Explorer на компьютерах Веб-клиентов не нужно устанавливать

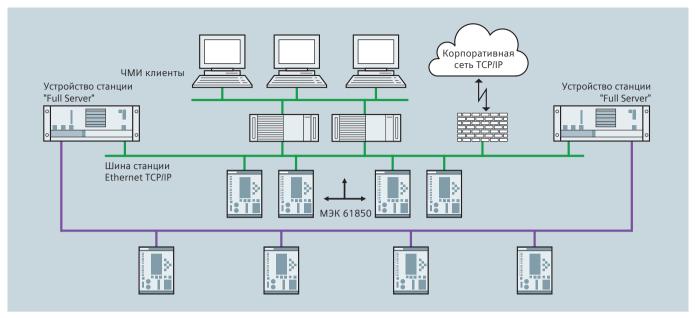


Рис. 6.3-15: Типичные конфигурации с резервированием: Устройство станции и ЧМИ сервер основаны на избыточной структуре, чтобы повысить стабильность

дополнительное ПО. SICAM Diamond позволяет получить доступ к архивным файлам и записям аварийных событий через World Wide Web. Архивные файлы могут быть сохранены на Веб-клиенте для анализа, например с помощью Microsoft Excel. Записи аварийных событий могут быть визуализированы непосредственно в Internet Explorer.

Дальнейшие аспекты управления станцией

В течение, например, профилактических работ или по другим причинам оперативного характера, обмен информацией с центрами управления или самой подстанцией может быть заблокирован с помощью функций блокирования телемеханики и блокировки ячейки. Функция блокировки телемеханики также может быть настроена для конкретных каналов с целью предотвратить при эксплуатации передачу информации в определенный центр управления, в том время как информация будет передаваться в другие центры управления. Функции блокировки ячейки и блокировки телемеханики действуют и на сбор сигналов, и на выдачу команд. Права на выполнение коммутационных операций, привязанные к конкретным каналам, позволяют различать местное управление (SICAM SCC) и дистанционное управление, а также различать команды от разных центров отправления. Для этих трех функций можно дополнительно объявить исключения, так что, например, некоторые сообщения будут передаваться несмотря на активную блокировку, либо специализированные команды будут обрабатываться и выдаваться без учета прав на выполнение коммутационных операций. В то время как для IED обычно применяется проверка 1-из-n, т.е. одновременно принимается и выдается только одна команда, в части системы управления подстанциями на базе SICAM PAS поддерживается проверка т-из-п. Это помогает определить, сколько команд одновременно можно обработать для всех IED. Выключателями можно управлять с контролем синхронизма и без.

Задачи автоматизации

могут быть сконфигурированы в SICAM PAS с помощью схем CFC (Continuous Function Chart), которые соответствуют МЭК 61131. В этом редакторе задачи конфигурируются графически, путем организации связей между функциональными блоками. SICAM PAS поставляется с обширной библиотекой функциональных блоков СFC, разработанных и протестированых в системе специально для автоматизации в энергетике. Области применения - от создания простых групповых сообщений до организации оперативных блокировок и сложных переключающих последовательностей. Создание последовательностей поддерживается редактором SFC (Sequential Function Chart).

Дополнительно можно приобрести лицензии на предварительно настроенные и протестированные приложения, такие как частотная разгрузка, мониторинг трансформаторов и параметров элегаза (SF_6). Помимо специальных функциональных компонентов и блоков СFC в комплект поставки также входят графические объекты для мнемокадров ПО SICAM SCC.

Резервирование

SICAM PAS имеет полноценные функции резервирования для повышения надежности системы АСУ ТП:

- Сервер среднего уровня может использоваться в дублированной конфигурации ("резервирование системы")
- Коммуникация с IED и устройствами телемеханики (RTUs) можно резервировать ("резервирование интерфейсов")
- Подчиненные устройства можно резервировать (резервирование на уровне присоединений)
- Также поддерживаются устройства, которые разработаны для коммникации только с одним ведущим устройством (например, только с одним последовательным интерфейсом).

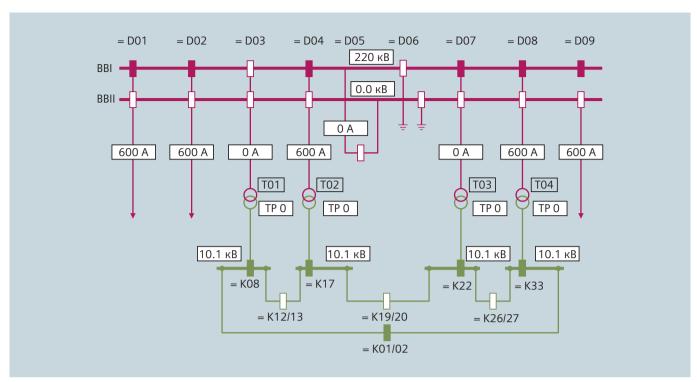


Рис. 6.3-16: Процесс визуализации с помощью SICAM SCC

Отдельные приложения (коммуникационные протоколы) работают независимо друг от друга в режиме горячего резерва, т.е. переключение, например, клиента МЭК 61850 с одного сервера среднего уровня на другой из-за нарушения связи не повлияет на связь с центром управления, которая остается на первом сервере без перерыва в коммуникации. Кроме более высокой стабильности в непострадавших участках связи, переключение на резервные компоненты происходит в течение очень короткого времени (в зависимости от приложения и конфигурации, между 250 мс и макс. 3 с). Настройки в процессе работы, такие как блокировка ячейки/телемеханики, права на переключение, а также маркировки команд в SoftPLC для оперативного управления функциями автоматизации, при работе хранятся одновременно на обоих серверах. Текущие настройки также действительны и после переключение на резервное оборудование. SICAM SCC взаимодействует одновременно с обоими резервируемыми серверами. Структура с резервированием также возможна для визуализации процесса с помощью SICAM SCC и архивирования записей аварийных событий с помощью SICAM PQ Analyzer, как показано на рис. 6.3-15.

Объем информации

Объем информации для обработки в SICAM PAS, по сути, определяется следующими факторами:

- Концепция компьютерной сети (несколько компьютеров в сети или система с одной станцией)
- Данные о производительности используемого аппаратного обеспечения
- Данные о производительности сети
- Размер базы данных (RDBMS)
- Скорость изменения значений

Распределенная система PAS с использованием Full server до 6 DIP поддерживает максимум 350 IED и 20 000 точек данных.

Процесс визуализации с помощью SICAM SCC

При работе подстанции SICAM PAS используется для конфигурирования и в качестве мощного концентратора данных. SICAM SCC выступает в качестве системы визуализации процесса. Несколько независимых серверов SICAM SCC могут быть подключены к одной системе SICAM PAS. Также возможно подключение резервируемых серверов. SICAM SCC поддерживает подключение нескольких систем SICAM PAS. В списках сигналов содержатся оригинальные метки времени с разрешением в мс, которые генерируются устройствами. С каждым сигналом также предоставляется ряд дополнительных данных, информация о причинах (спонтанно, по команде), источники событий (близкий, локальный, дистанционный) и др. Помимо сигналов процесса, в журнале также регистрируются команды. Элементы управления IndustrialX используются для управления и мониторинга коммутационных аппаратов. Эти объекты КА поддерживают четыре различные формы отображения (МЭК, DIN, SINAUT LSA, SICAM) для выключателей и разъединителей. Также имеется возможность создавать растровые изображения (определяется для конкретного проекта) для изображений коммутационных аппаратов и связывать эти изображения с объектами. Для большей информативности поддерживается не только номинальное изображение и спонтанные мигания, но также отображение различных состояний устройств и связи с ними (например, актуально / не актуально, блокировка фидера и телемеханики и др.). Измеренные значения и состояния коммутационных аппаратов, которые обновляются непостоянно по причине, например, неисправности устройства, сбоя связи или блокировки фидера, могут быть обновлены непосредственно через панель управления с помощью SICAM SCC (рис. 6.3-16).

6.3 Автоматизация подстанции

В сочетании со станционным устройством SICAM PAS, коммутационными аппаратами можно управлять либо непосредственно, либо с помощью операции "select before operate (выбор перед исполнением)". При визуализации процесса в виде однолинейных схем для элементов топологии можно использовать различные цветовые схемы. SIMATIC Web - дополнение к WinCC - можно использовать для управления и мониторинга через Интернет. SICAM Valpro можно использовать для оценки измеренных значений и данных счетчиков. Valpro позволяет не только выводить архивные значения в графическом или табличном виде, но также предоставляет возможность последующей оценки функций, такие как минимальные, максимальные и средние значения (каждый час или каждый день). Для устройств РЗА, подключенных по протоколу МЭК 61850, МЭК 60870-5-103, а также PROFIBUS FMS (SIPROTEC 4) или SINAUT LSA ILSA, записи аварийных событий могут извлекаться и архивироваться автоматически. SICAM PQ Analyzer со своим компонентом Incident Explorer используется для анализа записей аварийных событий.

SICAM SCC V7.0 SP1 может также использоваться в качестве системы визуализации процесса для

- Устройств SICAM AK, TM, BC, CMIC, EMIC и MIC
- Устройств МЭК 61850 (например, SIPROTEC 4)

SICAM SCC для SICAM AK, TM, BC, CMIC, EMIC и MIC Для коммуникации с SICAM AK, TM, BC, EMIC и MIC можно использовать протокол МЭК 60870-5-104 или МЭК 61850. И SICAM TOOLBOX II V5.0, и SICAM SCC V7.0 SP1 поддерживают обмен данными конфигурации.

SICAM SCC для устройств со протоколом связи МЭК 61850 Устройства, обменивающиеся данными по протоколу МЭК 61850, могут подключаться непосредственно к SICAM SCC. Для этой цели импортируются файлы SCL (SCD, ICD, CID). Файлы создаются, например, с помощью системного конфигуратора DIGSI 4.

SICAM SCC для SICAM PAS, SICAM AK, TM, BC, CMIC, EMIC и MIC и устройств МЭК 61850

С помощью SICAM SCC V7.0 SP1 можно реализовать общую систему управления и наблюдения для систем SICAM PAS, SICAM AK, TM ВС, СМІС, ЕМІС и МІС и для устройств МЭК 61850.

SICAM SCC работает на базе программного обеспечения SIMATIC WinCC - мировом лидере среди систем визуализации процесса. SICAM SCC является программным расширением, позволяющим контролировать и управлять процессами систем высокого и среднего напряжения с одной станции. Его особенности:

- Многоязычность
- Поддерживаются функции мониторинга и управления. Помимо визуализации в виде графических объектов поддерживаются также списки событий и тревог, архивы событий и данных процесса, создание отчетов и ведение журналов.
- Простая и эффективная конфигурация

Конфигурация при помощи диалогов, «помощников» и расширенных библиотек.

- Последовательная масштабируемость системы в соответствиями с требованиями: от однопользовательской станции до клиент/серверных решений, в том числе с возможностью подключения через Интернет.
- WinCC/Redundancy повышает надежность системы с резервированием станций WinCC или серверов мониторинга, контролирующих друг друга, что обеспечивает работоспособность системы и обеспечение полного сбора данных.
- Открытые стандарты для легкой интеграции
 - С помощью внешних инструментов архивные данные можно получить с помощью серии открытых интерфейсов (например, SQL и ODBC) для дальнейшего редактирования.
 - Независимо от их производителя связь с контроллерами нижнего уровня (или с такими приложениями, как MS Excel) возможна через OPC (OLE for Process Control).
- Visual Basic для Приложений (VBA), VBScript или ANSI-С создают идеальные возможности для создания оптимальных решений под конкретный проект.
- Расширяемость при помощи функций и дополнений, таких как
 - WinCC/Dat@Monitor служит для просмотра и оценки текущего состояния процесса и архивных данных на офисных ПК, используя для этого стандартные инструменты, такие как Microsoft Internet Explorer или Microsoft Excel
 - WinCC/Web Navigator представляет собой опцию SIMATIC WinCC для управления и мониторинга системы через Интернет. Интрасеть компании или LAN
 - WinCC/ Connectivity Pack (Пакет подключения) поддерживает два сервера ОРС HDA и A&E и WinCC OLE-DB.
 - Система управления сигнализацией АСС С помощью системы управления сигнализацией АСС, сообщения от системы сигнализации WinCC могут быть автоматически пересылаться на различные радиоприемники.

6.3 Автоматизация подстанции

Обзор философии оперативного управления и пользовательского интерфейса

Пользовательский интерфейс SICAM PAS основан на обычной технологии Windows, что позволяет пользоваться привычными пользовательскими интерфейсами Windows, как при настройке системы, так и в ходе текущих операций. Система различает режимы конфигурации и эксплуатации подстанции. В SICAM PAS эти две задачи надежно разделяются двумя независимыми программами. SICAM PAS UI - программа конфигурации (рис. 6.3-17), используется для создания и редактирования конфигурации проекта. Для увеличения восприятия на экран выводятся четыре экрана:

- Configuration
- Mapping
- Topology
- Templates.

Общей чертой всех экранов является то, что они имеют окно проводника, которое показывает конфигурацию системы в виде наглядной древовидной структуры. Как и в проводнике Windows, здесь также можно открыть отдельные уровни этой структуры и

работать в них. Между тем, остальные уровни могут быть закрыты, чтобы не путать пользователя. В зависимости от текущего уровня навигации и выбранного компонента в контекстном меню (правая кнопка мыши) SICAM PAS предлагает именно те функции программы, которые в настоящее время могут потребоваться.

Операции выполняются поэтапно согласно заданному порядку в окне данных справа. Здесь можно изменять параметры выбранных элементов системы. При этом ориентиром является топология системы согласно технологическому процессу. Пользовательский интерфейс очень прост и структурирован в соответствии с определенными задачами и интуитивно понятен. Пользовательский интерфейс облегчает процесс редактирования, путем отображения описания параметров и сообщений при некорректном вводе параметров. В табличном виде для назначения сигналов (Марріпд) и изменения топологии (Topology) внесение изменений облегчается за счет обширных механизмов сортировки и фильтрации, множественного выбора и перетаскивания (Drag & Drop).

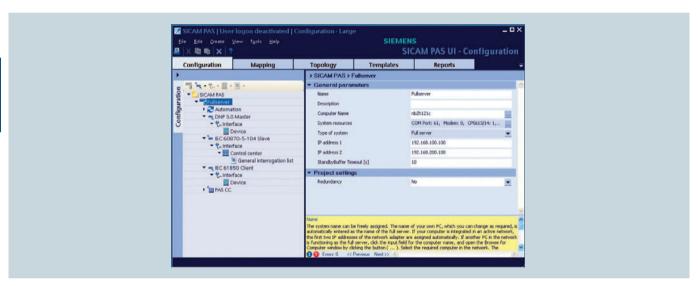


Рис. 6.3-17: SICAM PAS UI – Configuration (Конфигурация)

6.3 Автоматизация подстанции

Для обеспечения целостности данных и во избежание дублирования ввода данных, SICAM PAS UI предоставляет обширные функции импорта и экспорта для обмена данными конфигурации, например, с контроллером присоединения или системой визуализации. Для создания новых проектов в PAS и для изменения структуры существующих проектов необходимо приобрести лицензию на использование "SICAM PAS - Configuration" (Конфигурация). Для доступа к чтению данных параметрирования, а также для изменения параметров, программа может быть использована на основании лицензии Runtime (рабочей среды). В SICAM PAS интегрированы все необходимые функции. Помимо рабочей среды (Runtime), ПО "SICAM PAS UI – Configuration" (Конфигурация) всегда устанавливается на станционном компьютере. Таким образом, конфигурация программы всегда соответствует базе данных проекта, а изменения в настройки проекта можно вносить в любое время, независимо от информации на отдельных инженерных компьютерах.

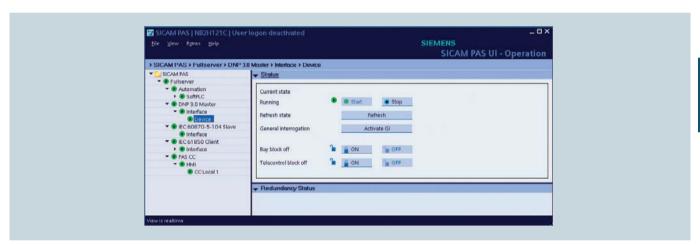


Рис. 6.3-18: SICAM PAS UI - Operation (Эксплуатация)

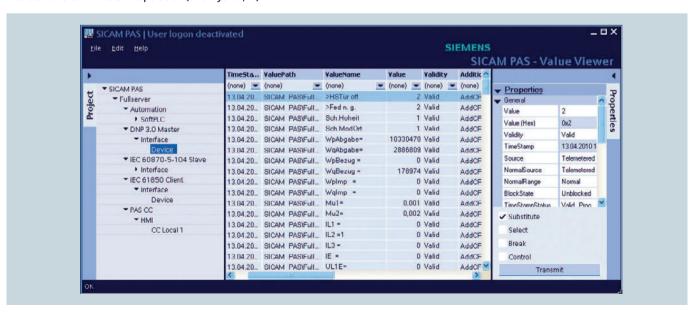


Рис. 6.3-19: SICAM PAS Value Viewer (Просмотр значений)

6.3.4 SICAM Station Unit (Станционное устройство)

Аппаратные компоненты SICAM Station Unit

Стандартное промышленное станционное устройство SICAM Station Unit представляет собой надежную, интегрированную аппаратную платформу для ПО SICAM PAS. В ее основе лежит конструктив для монтажа в стойку 19". SICAM Station Unit (рис. 6.3-21) состоит из следующих аппаратных компонентов:

- Дополнительные платы расширения (заказываются дополнительно)
- Модули питания (в соответствии с кодом заказа)
- Блок управления питанием
- 2 USB интерфейса (V2.0) на задней панели (для аппаратного ключа лицензии и флэш-накопителя)
- Три различных модуля ЦП
 - Одноядерный ЦП: классическая версия Рекомендуется для использования с более старыми версиями SICAM PAS (например, V5.11) и стандартных конфигураций автоматизации подстанций
 - Двухъядерный ЦП + RAID оптимизирован для контроля качества электроэнергии Рекомендуется для использования приложений контроля качества электроэнергии
 - Двухъядерный процессор лучшее быстродействие для SICAM PAS
- SDRAM, DDR2, 4 ГБ
- 2 флэш-карты, по 4 ГБ каждая
- Графические характеристики: 2048 х 1536 пикселей, 16.7 млн.
- Интерфейс VGA для монитора



Рис. 6.3-21: SICAM Station Unit: промышленное оборудование с высокой степенью надежности

- 4 USB интерфейса (V2.0), например: для клавиатуры / мыши
- 2 RJ45 интерфейса для локальной сети (10 / 100 / 1000BASE-t Gigabit Ethernet)
- 2 СОМ интерфейса

РЗА подстанций, качество электроэнергии и измерения

• Модуль подключения для соедининения с блоком питания и выключателем ВКЛ / ВЫКЛ

SICAM station unit

SICAM PAS station unit V2 является промышленным решением в форм-факторе 19", без вентиляторов, без вращающихся компонентов, 4 внешних USB, 2 внутренних USB, 2 Gbit Ethernet RJ-45, 1 последовательный порт, светодиодная индикация.

Мониторинг с помощью SNMP, аппаратный сторожевой таймер, контроль температуры/напряжения, live-контакты. Windows XP Embedded service pack 2 SICAM PAS заказывается отдельно.

Блок питания

Основной блок питания DC 24 - 60 B AC/DC 110 - 230 B Дополнительный блок питания без блока питания DC 24 - 60 B AC/DC 110 - 230 B

Модуль с одноядерным ЦП (Celeron® M 440, 1.86 ГГц), 2 x 4 ГБ СF, 2 ГБ RAM, image SU V2 20, backup DVD Модуль с двухъядерным ЦП (Core Duo T2500, 2 ГГц), 2 x 4 ГБ СF, 2 ГБ RAM, image SU V2 20, backup DVD Модуль с двухъядерным ЦП и RAID-массивом (Intel Core 2 Duo L7500 1.6 ГГц), 2 x 4 ГБ СF, 4 ГБ RAM, Image SU V2 20, Backup DVD, вкл. RAID-контроллер и система RAID-1, вкл. жесткие диски 2х100 ГБ

Платы ввода/вывода

Одна плата ввода/вывода (32 контакта) Две платы ввода/вывода (64 контакта)

PCI-адаптер

без PCI-адаптера с PCI-адаптером

Расширитель СОМ-портов

Без расширителя. 8 портов, включая кабель

Расширенная гарантия

Стандартная гарантия 2 года Гарантия на третий гол

Рис. 6.3-22: Обзор доступных пакетов для станционного устройства

Дополнительные модули:

- Внешний USB-DVD-привод для записи образа DVD
- Внешний жесткий диск USB для резервного копирования
- USB-флэшка
- РСІ-адаптер для максимум 4 РСІ-карт
- Платы расширения СОМ-порта
- Kapta PROFIBUS
- GPS / DCF-77 приемник сигнала времени, выпускаемый Hopf
- До 64 дискретных входов/выходов

6.3.5 Примеры Конфигурации

Конфигурация системы для средних и больших объектов

Если подстанция состоит из 30 .. 150 устройств контроля присоединений, SICAM PAS и SICAM SCC должен выполняться на отдельных ПК. Пример ниже иллюстрирует связь устройств контроля присоединений со станционным устройством SICAM (рис. 6.3-23).

Конфигурация системы для больших и очень больших объектов Для больших и очень больших объектов, имеющих до 350 устройств на уровне присоединений, распределенная система SICAM PAS строится на основе Full server и до 6 DIP. SICAM SCC

устанавливается на отдельном компьютере (рис. 6.3-24).

Несколько Full server SICAM PAS, подключенных к ЧМИ

Пример иллюстрирует ЧМИ SICAM SCC с двумя станционными устройствами SICAM, к которым подключены устройства на уровне присоединений. Данная конфигурация системы может использоваться в том случае, когда нет необходимости в использовании распределенного ЧМИ и обеспечении высокой надежности работы SICAM SCC.

Резервный ЧМИ

Подключение нескольких Full server к резервному ЧМИ SICAM SCC представляет собой другой вариант конфигурации. Такая конфигурация увеличивает эксплуатационную надежность системы (рис. 6.3-26).



Рис. 6.3-23: Подключение устройств присоединений к станционному устройству SICAM.

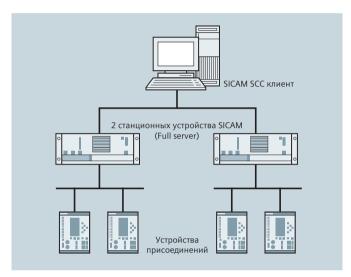


Рис. 6.3-25: SICAM SCC с несколькими станционными устройствами SICAM

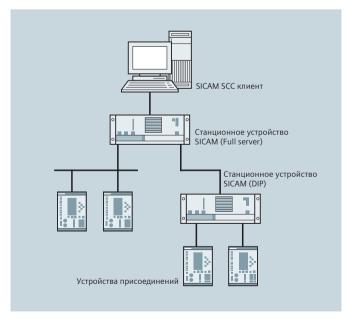


Рис. 6.3-24: Подключение устройств присоединений в распределенной системе

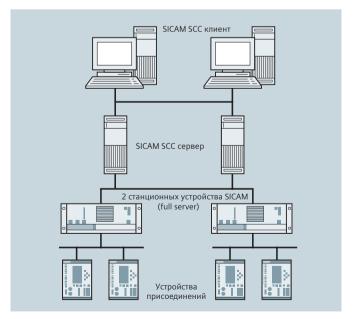


Рис. 6.3-26: Резервируемая система в конфигурации клиент/сервер

Распределенная система с Full server и DIP

В примере показана распределенная система SICAM PAS. Она состоит из Full server и DIP и осуществляет связь с центром управления посредством ТСР/ІР. Устройства контроля присоединений подключаются к распределенной системе при помощи Ethernet и последовательных интерфейсов (рис. 6.3-27).

Резервируемое подключение устройств контроля присоединений и системы управления подстанцией

SICAM PAS поддерживает резервные подключения устройств управления присоединением. Пример иллюстрирует следующую конфигурацию:

- Резервируемые Full server
- Резервируемые SICAM SCC, реализованные в архитектуре сервер/клиент
- Подключение устройств контроля присоединений к двум станциям SICAM PAS

Для выполнения резервного подключения устройств контроля присоединений, эти устройства должны иметь два интерфейса. Резервирование устройств контроля присоединений, имеющих один интерфейс, также можно выполнить путем подключения их через сплиттер (рис. 6.3-28).

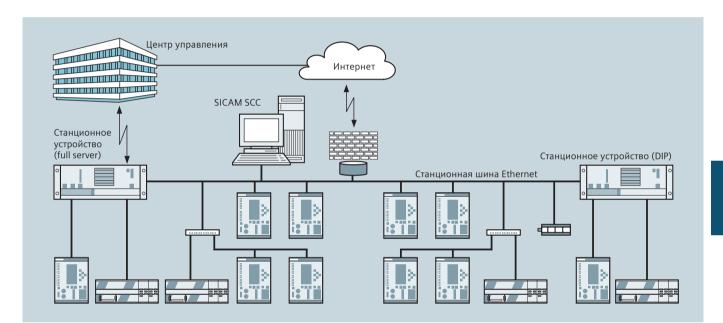


Рис. 6.3-27: Пример распределенной системы SICAM PAS c Full server и DIP

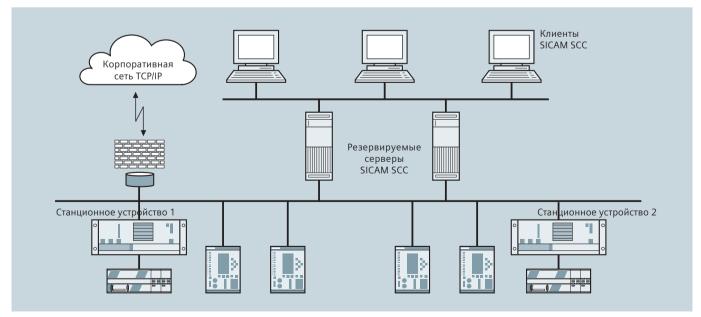


Рис. 6.3-28: Конфигурация станционной шины SICAM PAS с резервированием подключения устройств контроля присоединений и резервированием SICAM SCC

6.3.6 SICAM AK, TM, BC, EMIC и MIC

Универсальная функциональность и высокая гибкость имеют фундаментальное значение для современной системы дистанционного управления. Линейка контроллеров SICAM RTU предоставляет полный перечень вариантов коммуникации, автоматизации и интерфейсов технологического процесса. Различные компоненты SICAM AK, TM, BC, EMIC и MIC предлагают оптимальную масштабируемость в отношении количества интерфейсов и сигналов. Тем не менее, эти компоненты основаны на одной системной архитектуре и технологии и обрабатываются теми же инженерными средствами (SICAM TOOLBOX II).

- SICAM AK крупный компонент автоматизации для гибкого сочетания коммуникационных интерфейсов, автоматизации и входов/выходов. Это позволяет оптимально использовать его в качестве станционного контроллера или устройства телемеханики, шлюза или конечного устройства, с локальными или распределенными входами/выходами. Универсальные концепции резервирования являются еще одним плюсом этих компонентов.
- SICAM TM это решение для компактных приложений. Этот компонент обеспечивает до 4-коммуникационных интерфейсов, а также функции автоматизации и интерфейс технологического процесса на распределенных терминальных модулях ввода/вывода. Все модули легко монтируются на стандартную DIN-рейку. Терминальные модули могут быть разнесены на расстояние до 200 м с подключением по оптоволокну.
- SICAM BC это надежный компонент для высочайших требований ЭМС и прямого подключения сигналов до 220 В постоянного тока. Высокая коммутационная способность и прямое подключение измерительных трансформаторов плюс возможность расширения ТМ модулями обеспечивают гибкое применение в централизованных и распределенных конфигурациях. Имеет до трех коммуникационных интерфейсов и функции автоматизации.
- SICAM MIC это небольшое устройство сбора информации, которое предлагается либо с последовательным интерфейсом согласно МЭК 60870-5-101 или Ethernet-интерфейсом согласно МЭК 60870-5-104. К нему можно подключить до 8 терминальных модулей входов/выходов. Для удобства параметрирования в систему интегрированы упрощенные функции автоматизации и Веб-сервера.
- SICAM EMIC, новое устройство автоматизации. Благодаря своему функционалу с 3 интерфейсами, SICAM EMIC имеет много различных возможностей для применения. Его можно использовать как обычное устройство телемеханики с любым видом связи с центром управления. Если система SICAM EMIC не предлагает достаточный уровень масштабирования сигналов, можно использовать несколько устройств. Свободно программируемые прикладные программы для локальных функций управления дополняют универсальность SICAM EMIC.

Все компоненты семейства SICAM RTU ACP (АК, ТМ, ВС) используют одинаковые коммуникационные модули, и поэтому они могут использовать все доступные протоколы. В дополнение к стандартам МЭК 60870-5-101 / 103 / 104 и МЭК 61850 (клиент и/или сервер), также в дополнении к различным устаревшим протоколам для подключения сторонних устройств доступны DNP 3.0 и Modbus.

Другой общей чертой всех компонентов является интегрированная флэш-карта, на которой хранятся все параметры и прошивки. Теперь замена компонента выполняется очень просто, для чего нужно только перенести карту памяти в новое устройство.

Программный инструмент SICAM TOOLBOX II обладает всеми функциями для интегрированных комплексных инженерных проектов и работает со всеми компонентами SICAM AK, TM, BC, EMIC и MIC. Он поддерживает все этапы настройки устройства, включая создание функций автоматизации. Обмен данными с DIGSI и PAS UI подразумевает единственную точку входа для инженерных данных и позволяет избежать многократного ручного ввода данных для смешанной конфигурации.

При использовании SICAM AK, TM, BC, EMIC и MIC вы всегда получаете необходимую производительность: Модульные многопроцессорные концепции развиваются с каждой модернизацией системы. Распределенная архитектура и принцип "эволюционного развития" обеспечивают предварительные условия для будущей системы с ожидаемым большим сроком службы и высоким уровнем безопасности инвестиций. Системы SICAM AK, TM, BC, EMIC и MIC несут опыт более 30 лет работы в области телемеханики и автоматизации; множество различных реализованных проектов только подтверждает гибкость применения.

Компонент автоматизации SICAM AK

Долговечность благодаря непрерывности развития и инновациям

Особенностью SICAM АК является высокая функциональность и гибкость за счет внедрения инновационных и надежных технологий на основе надежной платформы этих компонентов.

6.3 Автоматизация подстанции

Для этого концепция системы ACP (Automation, Control and Protection - Автоматизация, Управление и Защита) создает технологические предпосылки. Сбалансированная функциональность позволяет гибко сочетать решения по автоматизации, телемеханике и коммуникации. В сочетании с масштабируемой производительностью и различными вариантами резервирования, достигается оптимальная адаптация к соответствующим требованиям технологического процесса (рис. 6.3-29).

SICAM AK, таким образом, идеально подходит для автоматизации со встроенной функцией телемеханики в качестве:

- Устройства телемеханики или станционного контроллера
- Устройства автоматики с автономными функциональными группами
- Узла данных, устройства управления подстанцией, внешнего интерфейса или шлюза
- С локальной или удаленной периферией
- Для установки на задней панели или в 19-дюймовой стойке

SICAM AK - перспективный продукт

Универсальная коммуникация:

- До 66 последовательных интерфейсов согласно МЭК 60870-5-101 / 103
- Коммуникация LAN / WAN согласно МЭК 60870-5-104
- Коммуникация по локальной сети согласно МЭК 61850
- Возможно применение различных сторонних протоколов

Удобство параметрирования с SICAM TOOLBOX II:

- Объектно-ориентированная модель данных
- Создание программ автоматизации согласно МЭК 61131-3
- Все инженерно-технические задачи также могут осуществляться удаленно

Принципе «включил и работай» (plug and play) для запасных частей:

- Хранение параметров и прошивки на флэш-карте
- Замена запасных частей не требует дополнительной загрузки с SICAM TOOLBOX II

Открытая архитектура системы:

- Модульная, открытая и технологически независимая структура системы
- Системная совместимость при дальнейшем развитии и, следовательно, инновационный и перспективный продукт

Масштабируемое резервирование:

- Резервирование компонентов
- Дублирование процессов / элементов связи

Модули ввода/вывода - SICAM TM, EMIC и MIC:

- Прямое подключение приводов и датчиков с поперечным сечением провода до 2.5 мм²
- Могут быть разнесены на расстояние до 200 м
- Дискретные входы/выходы, в том числе и для постоянного напряжения 110 / 220 В
- Монтаж на DIN-рейку 35 мм

Универсальные коммуникационные возможности

При использовании SICAM АК для локальной и удаленной связи могут использоваться различные физические среды (проводные соединения, оптоволокно, радио, коммутируемый доступ, GSM, GPRS, WAN, LAN, полевые шины и др.)

Путем простой установки модулей последовательного интерфейса в SICAM АК можно использовать в общей сложности до 66 коммуникационных интерфейсов, при этом разные индивидуальные протоколы могут быть использованы для каждого интерфейса.

Стандартные коммуникационные протоколы согласно МЭК 60870-5-101 / 103 / 104 и МЭК 61850.

Кроме стандартных протоколов существует также множество сторонних протоколов (DNP 3.0, Modbus и т.д.).

Простой процесс взаимодействия

В дополнение к централизованному сбору сигналов и выдаче команд в пределах монтажной корзины SICAM АК можно использовать периферийные элементы SICAM ТМ, ЕМІС и МІС (рис. 6.3-30).

Существенной особенностью периферийных элементов SICAM ТМ, ЕМІС и МІС является возможность эффективного и простого взаимодействия при обработке сигналов. Это происходит на так называемых модулях входов/выходов, которые имеют прочный корпус, надежные контакты и электронные компоненты. Модули входов/выходов собираются в ряд. Соединение контактов модулей осуществляются пристегиванием к друг другу без каких-либо дополнительных манипуляций. Таким образом, каждый модуль остается взаимозаменяемым.



Рис. 6.3-29: **SICAM AK**



Рис. 6.3-30: SICAM ТМ, ЕМІС и МІС периферийные элементы

6.3 Автоматизация подстанции

Удобно организованная передняя панель со светодиодной индикацией предоставляет ясную информацию о работе устройства. Структура клеммных колодок позволяет подключить датчик / привод без использования промежуточных клеммников проводом с сечением до 2.5 мм². Модули для дискретных входов и выходов до 220 В DC предоставляют дополнительные возможности по экономии на уровне интерфейса.

В зависимости от требований модули входов/выходов можно устанавливать или на электрическую, или на оптическую шину, через которые получение периферийных сигналов может осуществляться как можно ближе к источнику сигналов. Таким образом, длины кабелей можно свести к минимуму.

Простота проектирования

Важным аспектом в целом для учета экономической составляющей являются затраты, которые возникают при установке, эксплуатации и обслуживании системы.

Для этих целей используют надежную систему SICAM TOOLBOX II.

- Объектно-ориентированная модель:
 Объектно-ориентированная модель позволяет также использовать одни и те же характеристики однотипных первичных устройств и эксплуатационного оборудования (например, разъединителей, предохранителей, фидеров и т.д.) для их конфигурации. При параллельной работе в средствах проектирования для электрических схем всего предприятия обеспечивается согласованность и однотипность. Благодаря этому в проектиро-
- Программы автоматизации согласно МЭК 61131-3:
 Прикладные программы автоматизации создаются с помощью CAEx plus согласно МЭК 61131-3, стандарта, общепринятого и признанного на рынке. В результате чего время обучения персонала заметно сокращается.

вании имеет место процесс рационализации.

• Все инженерно-технические задачи, от системы диагностики до онлайн-тестирования, могут также осуществляться дистанционно с помощью SICAM TOOLBOX II. Для этого не требуется отдельный канал связи между SICAM TOOLBOX II и SICAM AK: Можно использовать любой доступный коммуникационный интерфейс. Соединяясь последовательно через устройства SICAM TM, АК или BC, SICAM TOOLBOX II может быть удаленно расположен в пределах произвольного количества ступеней иерархии.

Обычно доступ к проектным данным защищен паролем.

Принцип Plug and play (Включил и работай) для запасных частей:

Все данные устройства автоматизации, такие как встроенное программное обеспечение и параметры, хранятся на энергонезависимой сменной флэш-карте. При перезагрузке устройства автоматизации, а также при перезапуске отдельных модулей, все необходимые данные автоматически загружаются с флэш-карты во все процессоры и модули. Следовательно, для замены модулей не требуется повторно заливать конфигурацию в контроллер, поскольку новые модули получат все необходимые настройки с

карты памяти. При замене запасных частей начинает использовать принцип «включи и работай» (Plug and play): Специальный инструмент - а также загрузки настроек - больше не требуется.

Таким образом, время работы службы эксплуатации сводится к минимуму.

Открытая архитектура системы:

В основе этой концепции автоматизации лежит модульная, открытая, а следовательно, технологически независимая системная архитектура для обработки, коммуникации и периферийных устройств.

Стандартизированные интерфейсы между отдельными элементами позволяют работать даже с дальнейшим развитием, внедрением новейших технологий, без необходимости менять существующие элементы. Таким образом, может быть обеспечена долговечность продукта и, как следствие инвестиционная безопасность и непрерывность (рис. 6.3-31).

Каждая плата и каждый модуль, на которых может быть запущено микропроцессорное программное обеспечение, формируют вместе с нужным микропроцессорным программным обеспечением один элемент системы.

Адаптация к конкретным условиям применения достигается за счет индивидуальной конфигурации и посредством загрузки стандартной прошивки и параметров. В определенных пределах параметры, тем самым, не только влияют на поведение функции прошивки, но и на функции оборудования. Учитывая это, для всех типов модулей не требуется никаких механических настроек, таких как, например, переключение перемычек, что позволяет не только изменять параметры в режиме онлайн, но также обеспечивает единую документацию по вводу параметров через SICAM TOOLBOX II и упрощает хранение информации.

Обзор системы

. Механика

На рис. 6.2-32 и 6.2-33 показаны два типа корпуса (монтажной корзины): CM-2832 с 9 слотами и CM-2835 с 17 слотами.

Корпус СМ-2833 (здесь не показан) - это дополнительная монтажная корзина для расширения основного устройства на 16 (максимум) периферийных плат.

При разработке корпуса был сделан упор на гибкость и простоту использования. Монтажная корзина предназначена для установки на задней панели или в раму 19".

Почти все необходимые внешние разъемы (например, для коммуникации, периферийных устройств, внешней периферийной шины) могут быть подключены с помощью стандартных кабелей или поставляемых заводских кабелей без каких-либо дополнительных инструментов (рис. 6.3-34, 6.3-35 и 6.3-36).

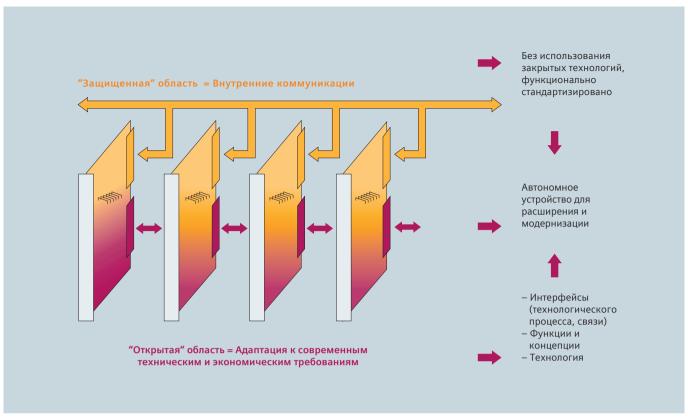


Рис. 6.3-31: Открытая архитектура системы:



Рис. 6.3-32: CM-2832 - Монтажная корзина SICAM АК с 9 слотами



Рис. 6.3-33: CM-2835 - Монтажная корзина SICAM АК с 17 слотами

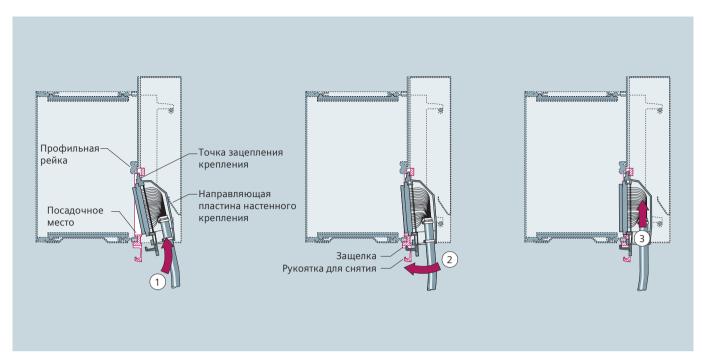


Рис. 6.3-34: Технология подключения периферийных сигналов

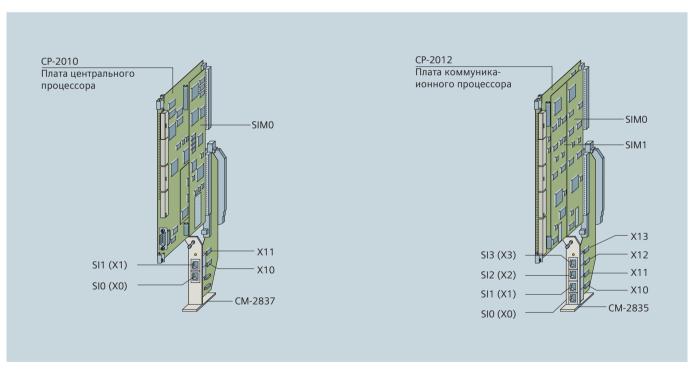


Рис. 6.3-35: Коммуникация на базе подключения разъема RJ45

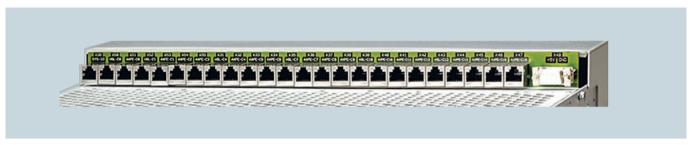


Рис. 6.3-36: Подключение на базе разъема RJ45 для внешней периферийной шины Ax 1703

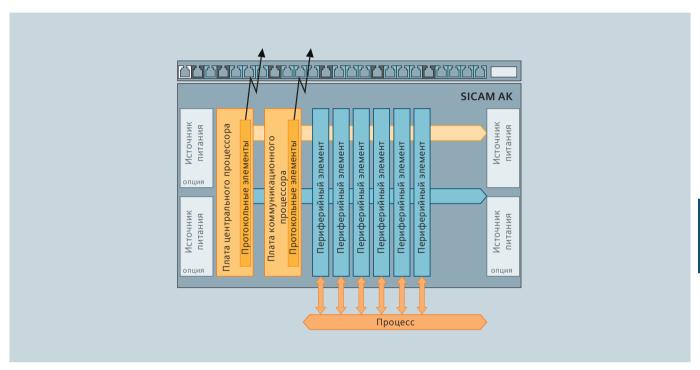


Рис. 6.3-37: Стандартный монтаж в стойку периферийной шины SICAM АК

Архитектура системы

Архитектура системы представлена на рисунке 6.3-37.

Конфигурация

SICAM АК состоит из следующих элементов:

- Плата центрального процессора
- Плата(ы) коммуникационного процессора
- Протокольные элементы (*)
- Периферийные элементы (*)
- Монтажная корзина с блоками питания (от 1 до 4 БП)

Части, помеченные (*), являются системными элементами

Периферийные элементы могут быть также установлены вне монтажной корзины.

Конфигурация периферийной шины Ах 1703 показана на рис. 6.3-38, на следующей странице.

Конфигурация

- 1 плата центрального процессора
 - Формирует независимую периферийную шину АХРЕ-СО, к которой можно подключить до 16 периферийных элементов
- До 16 плат коммуникационного процессора
 - Каждая плата коммуникационного процессора формирует независимую периферийную шину AXPE-Cn (n = 1...16), к которой можно подключить 16 периферийных элементов
- Всего до 272 периферийные элементов
- До 66 протокольных элементов (интерфейсы с индивидуальным коммуникационным протоколом)
 - До 2 протокольных элементов на центральной процессорной
 - До 4 протокольных элементов на плате коммуникационного процессора

6.3 Автоматизация подстанции

Периферийная шина Ах 1703

Подключение к шинам Ax PE-Cn (n = 1...16) возможно через разъемы. Это позволяет подключать периферийные элементы, расположенные вне основной монтажной корзины. При этом одна из шин может быть выбрана для того, чтобы подключить периферийные элементы, которые установлены внутри основной монтажной корзины.

Периферийные элементы вне основной монтажной корзины Периферийные элементы могут быть:

- установлены в основную монтажную корзину (как показано выше), и / или
- установлены в дополнительную монтажную корзину и подключены, и / или
- установлены в удаленных местах и подключены с помощью электрического или оптического кабеля

Системные элементы

Системный элемент является функциональным устройством и состоит из аппаратного и программного обеспечения. Прошивка обеспечивает аппаратной части необходимую функциональность.

Плата центрального процессора

Плата центрального процессора (рис. 6.3-39) формирует сердце устройства автоматизации.

Функции платы центрального процессора:

- Коммуникация с установленными периферийными элементами через последовательную периферийную шину Ах 1703
- Логика программ автоматизации, свободно программируемая пользователем согласно МЭК 61131-3, например, по принципу блок-схем.
- Коммуникация с другими устройствами автоматизации через протокольные элементы, устанавливаемые на центральной процессорной плате (до 2-х интерфейсов)
- Централизованный координирующий элемент для всех системных служб и функций, таких как, например:
 - Управление потоком данных
 - Функции мониторинга
 - Диагностика
 - Управление временем и синхронизация времени с помощью минутного импульса, последовательного сигнала точного времени (DCF77 / GPS-приемник), последовательного канала связи, NTP - сервера через LAN / WAN
 - Локальное подключение SICAM TOOLBOX II
 - Хранение параметров и прошивки на флэш-карте

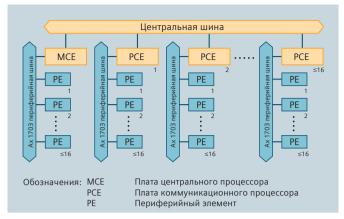


Рис. 6.3-38: Конфигурация устройства SICAM АК

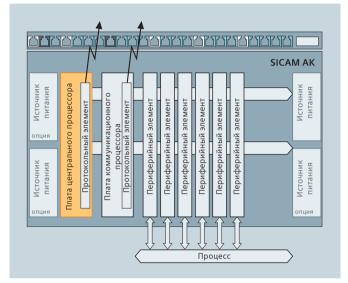


Рис. 6.3-39: Плата центрального процессора

Плата коммуникационного процессора

Функции плат коммуникационного процессора (рис. 6.3-40):

- Коммуникация с подключенными периферийными элементами через последовательную периферийную шину Ах 1703.
- Логика программ автоматизации, свободно программируемая пользователем согласно МЭК 61131-3, например, по принципу блок-схем.
- Коммуникация с другими устройствами автоматизации через протокольные элементы, устанавливаемые на плате коммуникационного процессора (до 4-х интерфейсов).

Периферийный элемент

Периферийные элементы, как показано на рис. 6.3-41, используются для сбора или вывода информации технологического процесса и выполняют адаптацию, мониторинг и обработку сигналов в каждой точке, где сигналы входят или выходят из устройства автоматизации. Обработка выполняется посредством:

- аппаратных средств (например, фильтр, АЦП, ЦАП) и
- прошивки (например, сглаживание измеренных значений, метки времени)

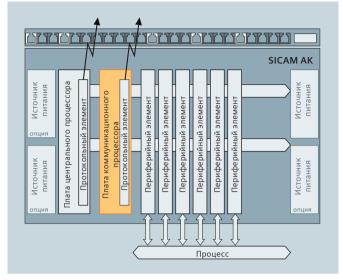


Рис. 6.3-40: Плата коммуникационного процессора

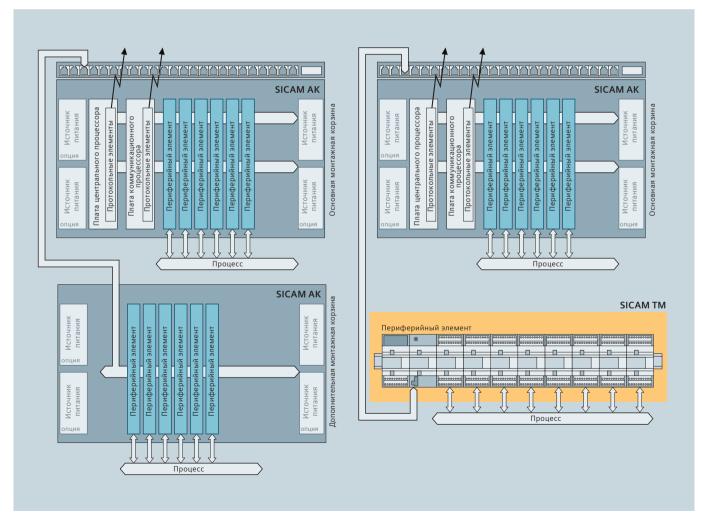


Рис. 6.3-41: Периферийные элементы

6.3 Автоматизация подстанции

Периферийные элементы через периферийную шину Ах 1703 передают:

- периодическую информацию,
- сообщения с информацией о процессе и
- сообщения с системной информацией (например, диагностическая информация)

и получают

- сообщения с информацией о процессе,
- периодическую информацию и
- сообщения с системной информацией (например, параметры)

Протокольный элемент

Протокольный элемент (рис. 6.3-42) используется для обмена данными и, следовательно, для передачи сообщений через коммуникационный интерфейс другим устройствам автоматизации или устройствам сторонних производителей, например, системам управления.

Аппаратное обеспечение протокольного элемента это коммуникационный интерфейс, который в зависимости от системы и интерфейса может выполняться в различных формах:

- Интегрированный в плату центрального процессора
- На последовательном интерфейсном модуле (SIM), который устанавливается - непосредственно или в каскад (SIM на SIM) на процессорные платы

Для каждого интерфейса, предоставленного SIM, можно с помощью TOOLBOX II загрузить прошивку протокола, который может быть использован на данном интерфейсе.

Плата центрального процессора Плата коммуникационного Протокольные элементы Периферийный элемент Периферийный элемент

Рис. 6.3-42: **Плата связи**

Элементы системы SICAM AK

Плата центрального процессора

Модуль Обозначение

СР-2010 / СРС25 Системные функции, обработка и

коммуникация

Плата коммуникационного процессора

 Модуль
 Обозначение

 CP-2017 / РССХ25
 Обработка и коммуникация

Периферийные элементы SICAM АК

, , ,	
Модуль	<u>Обозначение</u>
DI-2100 / BISI25	Входной дискретный сигнал
	(8 × 8, DC 24 – 60 B)
DI-2110 / BISI26	Входной дискретный сигнал
	(8 × 8, DC 24 – 60 B)
DI-2111 / BISI26	Входной дискретный сигнал
	(8 × 8, DC 110 / 220 B)
DO-2201 / BISO25	Дискретный выход
	(Транзистор, 40 × 1, DC 24 – 60 В)
AI-2300 / PASI25	Аналоговый вход/выход
	$(16 \times \pm 20 \text{ мA} + 4 \times 2 \text{ опции расширения})$
AI-2301/TEMP25	Аналоговый вход
	(32 × Pt100)
AI-2302 / PASI25	Аналоговый вход/выход
	$(16 \times \pm 20 \text{ мA} + 4 \times 2 \text{ опции расширения})$
DO-2210 / PCCO2X	Вывод команды (с проверкой цепей)
	(64 × DC 24 – 60 B)
DO-2211 / PCCO2X	Вывод команды (с проверкой цепей)
	(64 × DC 60 – 125 B)
MX-2400 / USIO2X	Ввод/вывод сигналов
	(DC 24 - 60 B, \pm 20 мА, опция расширения)

Поддерживаемые периферийные модули SICAM ™

Модуль	<u>Обозначение</u>
PE-6410 / USIO66	Периферийный контроллер
	(Ах-РЕ электрическая шина)
PE-6411 / USIO66	Периферийный контроллер
	(1х Ах-РЕ, оптическая шина)

Источник питания

Корпуса СМ-2832, СМ-2835 и СМ-2833 оборудуются блоками питания 80 Вт следующих типов:

Обозначение

PS-5620 Блок питания (DC 24 - 60 B) PS-5622 Блок питания

(DC 110 - 220 B, AC 230 B)

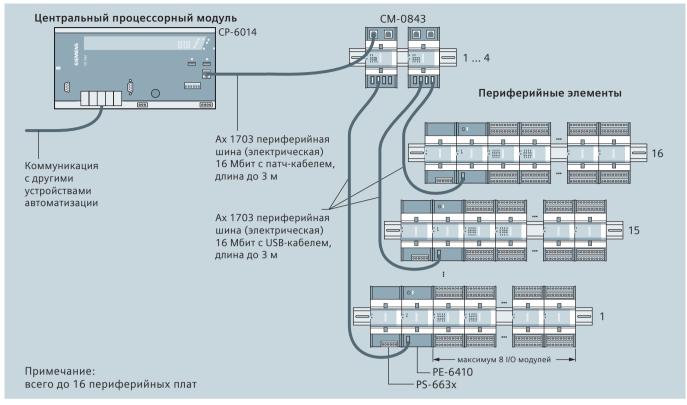


Рис. 6.3-43: SICAM ТМ архитектура системы: подключение до 16 периферийных элементов через интерфейс шины (электрические соединения)

Функциональные возможности

Телеуправление

Функции телемеханики:

- Процесс ввода и вывода на периферийные элементы
- Коммуникация с другими устройствами автоматизации
- Протокольные элементы
- Автоматичесая маршрутизация потоков данных
- Хранение данных
- Контроль приоритетов
- Резервные каналы передачи данных
- Коммуникация в пределах устройства автоматизации
- Управление протокольными элементами и информация обратной связи от них

Автоматизация

Функции автоматизации:

- Процесс ввода и вывода на периферийные элементы
- Функции телеуправления
- Обработка команд согласно МЭК 60870-5-101 / 104
- Мониторинг изменений и генерации сообщений с меткой времени
- Создание программ автоматизации

Системные службы

"Системные службы" - это набор функций, обеспечивающий работу основных служб и функций в устройстве автоматизации:

- Связь с инжерной станцией (TOOLBOX II)
- Управление потоком данных
- Адресация
- Управление временем
- Общий опрос
- Самотестирование
- Диагностика и сигнализация
- Автономность

Концепция системы SICAM TM

Система SICAM TM разработана специально для обеспечения простоты установки и высокой производительности. Благодаря своему последовательному развитию она оптимально подходит как для автоматизации, так и телеуправления (рис. 6.3-43).

Существенной особенностью SICAM ТМ является эффективный и простой способ организации интерфейса для обработки сигналов. Это достигается за счет так называемых модулей входов/ выходов, имеющих прочный корпус и надежные контакты. Модули входов/выходов располагаются рядом друг с другом. Связь между ними устанавливается как только они стыкуются друг с другом, не требуя каких-либо дальнейших действий. Несмотря на это всегда есть возможность заменить каждый модуль отдельно.

6.3 Автоматизация подстанции

Светодиоды на передней панели обеспечивают простую и наглядную индикацию, позволяя проверить обстановку на объекте. Структура клеммных колодок позволяет подключить датчик/привод без использования промежуточных клеммников.

Модули входов/выходов в зависимости от требований могут быть оборудованы либо электрической, либо оптической шиной, благодаря чему сигналы могут собираться в непосредственной близости от источника. Таким образом, длины кабелей можно свести к минимуму.

В системе SICAM ТМ выделяют следующие ориентированные на будущее возможности:

- Модульная, открытая и технологически независимая структура системы
- Прямое подключение периферии без промежуточных клеммников
- Программное изменение настроек (как программных, так и аппаратных)
- Изменение параметров онлайн-режиме
- Светодиоды для отображения оперативных и технологических состояний
- Упрощенная обработка подключения благодаря "интеллектуальным терминалам"
- Международная стандартная профильная рейка 35 мм
- Надежная внутренняя коммуникация для всех шин
- Не требуется длительного обучения
- Хранение данных с помощью мултимедийной карты (для запасных частей используется принцип «включил и работай»)
- Периодическая обработка и создание автоматизированных функций осуществляется с помощью инструмента CAExplus
- Поддержка спонтанной обработки и передачи данных телемеханики включает в себя:
- Параметрируемая обработка сигналов от периферийных устройств
- Мониторинг изменений, создание сигналов и присвоение меток времени данным событий при периодической обработке
- Разделение сигналов по времени и приоритетность передачи с помощью алгоритма детерминированного приоритета
- Определение приоритета сообщений
- Сбор данных учета электроэнергии
- Расширенный температурный диапазон (– 25 ...+ 65 °C / – 13 ... 149 °F)
- Высокая ЭМС
- Увеличенная электрическая прочность (класс 2)

Архитектура системы

SICAM TM входит в семейство устройств автоматизации SICAM AK, TM, BC, EMIC и MIC и состоит из следующих компонентов:

- Центральный процессорный модуль
- Модульные, расширяемые и съемные периферийные элементы
- Протокольные элементы для связи монтируются на центральном процессорном модуле (рис. 6.3-44).

Центральный процессорный модуль

Центральный процессорный модуль является сердецм устройства SICAM ТМ. Ввод и вывод данных процесса осуществляется подключением внешних сигналов через периферийные модули. Интерфейсы связи могут быть установлены непосредственно внутри центрального процессорного модуля.

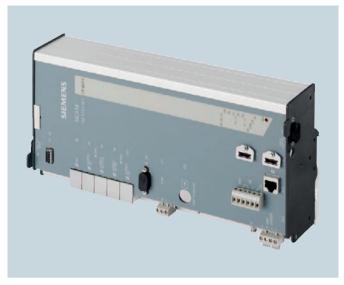


Рис. 6.3-44: SICAM TM для монтажа на 35 мм DIN-рейки

Функции центрального процессорного модуля:

- Связь с периферийными элементами через последовательную периферийную шину Ах 1703
- Логика программ автоматизации, свободно программируемая пользователем согласно МЭК 61131-3, например, по принципу блок-схем.
- Параметрирование функций телемеханики
- Управление временем и синхронизация времени с помощью минутного импульса, последовательного сигнала точного времени (DCF77 / GPS-приемник), последовательного канала связи, NTP-сервера через LAN / WAN
- Связь через установленные протокольные элементы
- Проектирование с помощью SICAM TOOLBOX II
- Хранение параметров и прошивки на флэш-карте

Центральный процессорный модуль обеспечивает работу программ автоматизации и/или параметрируемых функций телемеханики, а также функций связи по последовательным интерфейсам и LAN / WAN. Следовательно, он также служит центральным координирующим элементом для всех функций системы и всех внутренних и общих концепций.

Эта архитектура обеспечивает

- детерминированную работу логики устройства с гарантированным временем реакции,
- автономную работу (например, в случае потери связи), и
- интеграцию функций телемеханики (спонтанная обработка и передача данных), а также функций автоматизации (периодическая обработка и связь с периферией) в одном устройстве автоматизации.

Подключение модулей ввода/вывода к центральному устройству происходит через периферийный элемент, который располагается рядом с устройством.

6.3 Автоматизация подстанции

Для этой цели

- центральный процессорный модуль имеет два USB-разъема, и
- периферийный элемент имеет USB-разъем.

До 2 периферийных элемента можно подключить к центральному устройству напрямую.

При использовании дополнительных модулей интерфейса шины можно подключить до 16 периферийных элементов к одному центральному устройству. Так же при необходимости можно использовать оптическую шину для больших расстояний (до 200 м).

Периферийные элементы

Периферийный элемент состоит из

- 1 блока питания,
- 1 периферийного модуля управления, и
- до 8 модулей входов/выходов (рис. 6.3-45)

В документации на устройство указано, сколько модулей входов/ выходов можно фактически использовать в каждом периферийном элементе, и в каком порядке их нужно устанавливать.

Ключевая особенность системы SICAM TM состоит в том, что она обеспечивает эффективное и простое подключение и обработку сигналов. Это достигается за счет так называемых модулей входов/выходов, имеющих прочный корпус и надежные контакты.

Модули входов/выходов последовательно подключаются к периферийному модулю управления. Связь между ними устанавливаются как только они стыкуются друг с другом, не требуя каких-либо дальнейших действий. Даже в этом случае каждый отдельный модуль входов/выходов всегда можно заменить и установить на DIN-рейку отдельно. Его можно установить горизонтально или вертикально.

Съемные клеммные колодки (разъемы входов/выходов) используются для простой работы с модулями, если их необходимо установить или заменить. Поскольку все цепи подключаются к клеммникам, то при замене устройств нет необходимости отключать эти цепи.

Периферийные элементы подключаются к центральному процессорному модулю или к модулю интерфейса шины с помощью обычного USB-кабеля. Если используются модули с оптическим интерфейсом, то подключение происходит при помощи оптического патч-корда.

Периферийная шина Ах 1703 обеспечивает защищенную последовательную внутреннюю связь между центральным процессорным модулем и периферийным элементом. Последовательная коммуникация также предоставляет возможность разнести отдельные или все периферийные элементы с помощью оптической связи до 200 м от ведущего элемента, причем система сохранит полную функциональность.

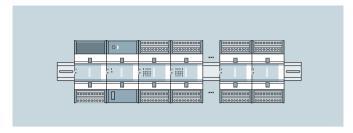


Рис. 6.3-45: Периферийный элемент

Функции периферийного модуля управления:

- Безопасный обмен данными с центральным процессорным
- Безопасный обмен данными с подключенными модулями входов/выходов через шины ТМ (Terminal Module Bus)
- Мониторинг подключенных модулей входов/выходов
- Предварительная обработка входных и выходных сигналов

Функции модулей входов/выходов:

- Сбор и вывод двоичных и аналоговых сигналов технологического процесса,
- Безопасный обмен данными с периферийным модулем управления через шину ТМ

Связь между модулями входов/выходов и периферийного модуля управления осуществляется посредством шины ТМ в соответствии с принципом ведущий / ведомый, при этом модули входов/ выходов являются ведомыми. Устанавливая различные модули бок о бок, контакт будет между ними будет создаваться автоматически по всей шине ТМ, таким образом, никаких дополнительных кабелей не требуется.

Обмен данными

Функция коммуникации используется для обмена данными и, следовательно, для передачи сообщений через протокольные элементы к другим устройствам автоматизации или системам управления.

Аппаратная часть протокольных элементов - это модули последовательного интерфейса (SIM), которые могут быть установлены в центральном процессорном модуле. В одном центральном устройстве можно установить до 2-х SIM-модулей.

Характеристики модуля последовательного интерфейса:

- Два последовательных коммуникационных интерфейса, или
- один LAN интерфейс (Ethernet) плюс дополнительный последовательный интерфейс, или
- один Profibus-интерфейс (DP-мастер)

Поскольку коммуникационный интерфейс соответствует одному протокольному элементу, в общей сложности для каждой SICAM ТМ можно использовать до 4 протокольных элементов. Таким образом, существует возможность комбинирования вариантов связи. В одном центральном устройстве можно установить до 2-х SIM-модулей.

6.3 Автоматизация подстанции

Обзор продукта

Центральный процессорный модуль

Обозначение Модуль

CP-6014 / CPCX65 Обработка и коммуникация

Модуль интерфейса шины

Модуль Обозначение

CM-0843 Ах-шина интерфейса, электрическая CM-0842 Ах-шина интерфейса, оптоволокно

Периферийные устройства

<u>Обозначение</u>
Источник питания
(DC 24-60 B (EMC+))
Источник питания
(DC 110 / 220 B (EMC+))
Периферийный модуль управления для электрической перефирийной шины Ах
Периферийный модуль управления для оптической двойной периферий- ной шины Ах
В сочетании с SICAM АК в конфигурациях резервирования
Дискретный вход
(2 × 8, DC 24-60 B)
Дискретный вход
(2×8, DC 110 / 220 B)
Дискретный транзисторный выход
(2 × 8, DC 24-60 B)
Дискретный релейный выход
(8 × DC 24-220 B / AC 230 B)
Вывод команды базового модуля
(4 × DC 24 – 110 B)
Вывод команды базового модуля измерения
(4 × DC 24 – 110 B)
Модуль выходных командных реле
(16 × DC 24 – 110 B)
Аналоговый вход
$(2 \times 2 \pm 20 \text{ MA} / \pm 10 \text{ MA} / \pm 10 \text{ B})$
Аналоговый вход
$(2 \times 2 \pm 5 \text{ MA})$
Аналоговый вход
(2 × 2 Pt100 / Ni100)
Аналоговый выход

Компактный RTU SICAM MIC

Система SICAM MIC, являясь частью линейки SICAM RTU, разработана для использования в компактных системах телемеханики.

 $(4 \times \pm 20 \text{ MA} / \pm 10 \text{ MA} / \pm 10 \text{ B})$

Установка происходит на 35-мм рейке. Возможна как горизонтальная, так и вертикальная установка.

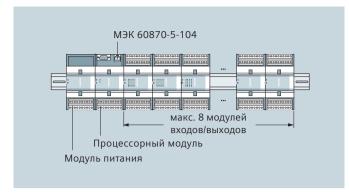


Рис. 6.3-46: SICAM MIC архитектура системы

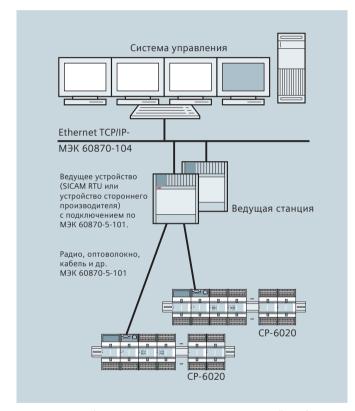
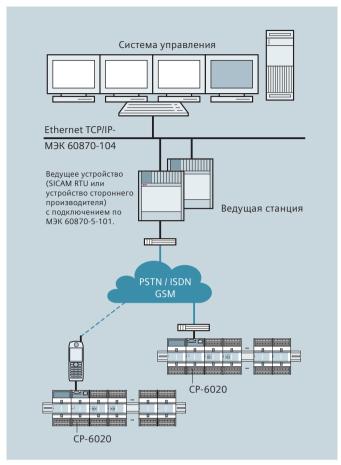


Рис. 6.3-47: Конфигурация SICAM MIC - многоточечный трафик

Последовательность модулей, слева направо или сверху вниз следующая:

- Модуль питания
- Процессорный модуль
- До 8 модулей входов/выходов (рис. 6.3-46)

Модуль питания и шина ТМ электрически соединяются в процессе установки. Каждый модуль ввода/вывода можно заменить по отдельности.





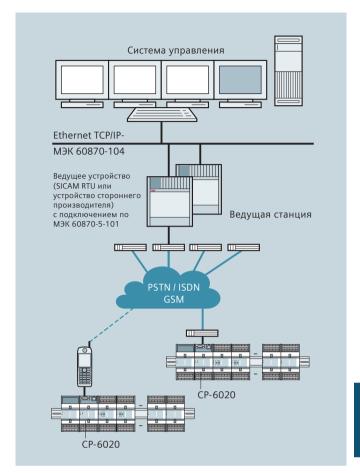


Рис. 6.3-49: Конфигурация SICAM MIC - трафик при коммутируемом соединении для нескольких ведущих устройств

Центральные процессорные модули:

- Модуль CP-6020 (V.28 / 8 модулей)
- Модуль CP-6040 (Ethernet 10BASE / V.28 / 8 модулей)

Конфигурация

На следующих рисунках показаны конфигурации многоточечного трафика (рис. 6.3-47), трафика при коммутируемом доступе (рис. 6.3-48), трафика коммутируемого доступа для нескольких ведущих устройств (рис. 6.3-49), LAN / WAN (рис. 6.3-50) и GPRS (рис. 6.3-51).

Устройства управления ячейками

Устройство контроля присоединения (BCU) является связующим элементом между уровнем управления оборудованием подстанции и основной системой. Оно устанавливается в шкаф управления присоединением.

Таким образом данное устройство предназначено для работы в сложных электромагнитных и температурных условиях и выполняется на базе контроллера SICAM BC.

Устройство контроля присоединения собирает все относящиеся фидеру данные технологического процесса и их метки времени с разрешением в 1 мс. Все функции выполняются автономно в блоке управления присоединением:

- Оперативные блокировки
- Контроль синхронизма
- Автоматическое регулирование напряжения через РПН трансформатора (опция)

- Контроль дугогасящего реактора (опция)
- Счетчик циклов операций
- Расчет среднеквадратичных значений токов и напряжений, активной и реактивной мощности

Локальная панель управления для работы с присоединением Устройство контроля присоединения поставляется в двух типоразмерах (рис. 6.3-53): компактная версия SICAM BC/C для небольших фидеров (обычно распределительные сети); модульная версия SICAM BC/M для большего количества входов/выходов (типовой случай в сети передачи электроэнергии).

Обе версии основаны на одинаковой системной архитектуре и используют одни и те же модули. Их прочная конструкция позволяет располагать их как можно ближе к первичному оборудованию с высокими требованиями ЕМС и широким температурным диапазоном, а модули входов/выходов предназначены для прямого сбора сигналов процесса без каких-либо промежуточных уровней (например, промежуточные реле, измерительные преобразователи и др.). Это означает, возможность использования оперативного напряжения до DC 220 В или прямое подключение измерительных цепей трансформаторов от 1 А до 6 А или AC 110 / 220 В.

Архитектура SICAM BC

SICAM BC является представителем семейства SICAM RTU и состоит из следующих элементов:

6.3 Автоматизация подстанции

- Плата центрального процессора (*)
- Плата обработки данных (защита) (*)
- Протокольные элементы (*)
- Периферийные элементы (*)
- Панель управления с дисплеем
- Корпус с одним или двумя блоками питания

Корпус (монтажная корзина) доступен в двух размерах:

- Компактный SICAM BC/C может вместить до 2 периферийных элементов
- Модульный SICAM BC/M может вместить до 15 периферийных элементов

Бесшовная коммуникация

SICAM BC предлагает комплексное решение на основе стандартов МЭК (МЭК 60870-5-101 / 103 / 104 и МЭК 61850).

Последовательный интерфейс интегрирован в плату центрального процессора и позволяет коммуникацию согласно МЭК 60870-5-103 Ведомый с системой верхнего уровня с использованием оптической связи. Локальная связь с ноутбуком для работы с инженерным ПО осуществляется с помощью 9-контактного разъема на передней стороне устройства. Кроме того, для расширения коммуникационных возможностей можно установить модуль SIP (Serial Interface Processor) с двумя последовательными интерфейсами или модуль NIP (Network Interface Processor) с одним Ethernet-интерфейсом, или комбинацию модулей SIP+NIP с одним последовательным и одним Ethernet-интерфейсом.

Части, отмеченные

(*), являются системными платами

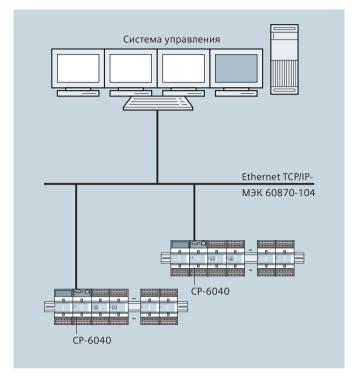


Рис. 6.3-50: Конфигурация SICAM MIC - LAN / WAN

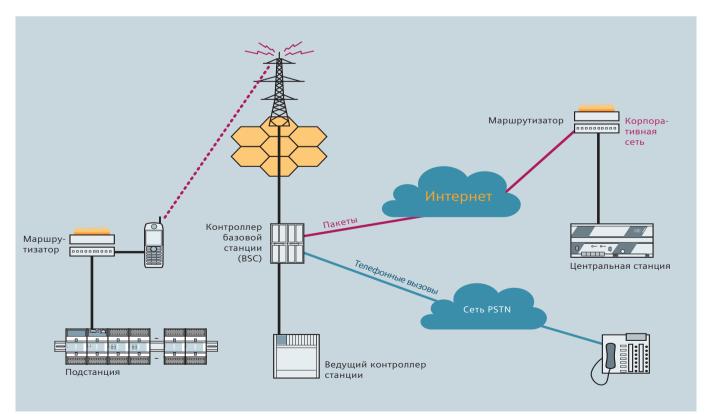


Рис. 6.3-51: Конфигурация SICAM MIC - GPRS

Принцип Plug and play (Включил и работай) для флэш-карты: Параметры и прошивки хранятся непосредственно на флэш-карте. Это означает, что не требуется дополнительных инструментов для замены модулей. Этот удобно при техническом обслуживании и эксплуатации. С помощью инженерного ПО можно создать дополнительную флэш-карту.

Основные характеристики

- Питание DC 110-220 B / AC 230 B (80 Bт) или DC 24-60 B (80 Bт), можно добавить второй источник питания для обеспечения резервирования
- Сбор сигналов с частотой опроса 1 мс в режиме реального времени.

Как показано на рисунке, устройства контроля присоединения предназначены для тяжелых электрических и температурных **условий**.

Рабочая температура находится в диапазоне – 25 ... + 70 °C/ – 13 ... + 158 °F. Возможно размещение в шкафах наружной установ-

ЧМИ устройства контроля присоединения

Для того, чтобы система была проще для персонала с точки зрения эксплуатации и технического обслуживания непосредственно в местном шкафу управления, SICAM BC можно управлять через дисплей (рис. 6.3-52).

Локальная панель управления разработана как специализированное решение для отображения всей необходимой информации о статусе устройства в ясной и простой форме, а также для простого и безопасного локального управления непосредственно на присоединении. Она разработана для установки на двери локальных шкафов управления присоединением на всех уровнях напряжения подстанции. Поэтому она соответствует высочайшим требованиям ЭМС и широкому диапазону рабочих температур.

Устройство предоставляет интерфейс для использования с SICAM ВС и может быть объединено как с компактной, так и с модульной версией контроллера присоединения. Устройство может быть непосредственно подключено к SICAM BC или использоваться отдельно при помощи двух соединительных кабелей (до 3 м). Интегрированная и раздельная рамы позволяют выполнять или навесной монтаж без необходимости делать большой вырез в двери, или утопленный монтаж. Панель управления и дисплей были организованы в соответствии с эргономическими принципами и совместимы с аналогичными принципами на терминалах управления. Дисплей отображает состояние динамической однолинейной схемы присоединения, а также выбранную информацию об измеряемых величинах. При выборе других изображений оператор получает информацию о всех доступных измерениях, статистических данных, важных сигналах и т.д. Дополнительные светодиоды сигнализируют о важных состояниях и аварийных сигналах и располагаются рядом с дисплеем, так чтобы любое необычное состояние можно было бы распознать сразу. На полоске, которая вставляется рядом со светодиодом, указано его описание. Таким образом, изображение и его статус показываются одновременно. Два ключа управление позволяют выбрать рабочий режим: один для режима локально / дистанционно / тест, а другой для работы с / без оперативных блокировок. Инициация команд надежно выполняется в несколько этапов. Таким образом, это позволяет избежать случайного ввода команды.

Диапазон температур: – 25 ... + 70 °C / – 13 ... + 158 °F. Дисплей имеет ограниченную читаемость ниже – 10 °C / 14 °F. Внешние размеры (В х Ш х Г): 280 х 220 х 37 мм / 11.0236 х 8.6614 х 1.45669 дюймов.



Рис. 6.3-52: Устройства контроля присоединениями (ВСU)

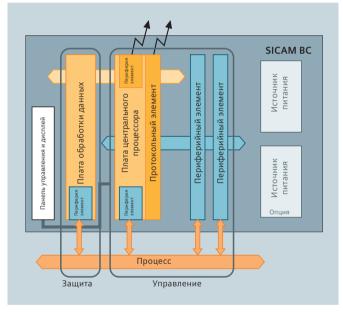


Рис. 6.3-53: SICAM BC

6.3 Автоматизация подстанции

6.3.7 SICAM EMIC - один из продуктов зарекомендовавшего себя семейства SICAM

С растущим желанием снижения затрат практически во всех процессах возрастает необходимость автоматизировать мелкие подстанции, чтобы лучше и надежнее использовать существующее оборудование. Современные, высокопроизводительные системы автоматизации позволяют интегрировать мелкие станции для обеспечения универсального и надежного управления сложными процессами. Но сами маленькие станции также оснащают дополнительными функциональными возможностями из-за возросшего спроса на получение дополнительной информации.

От простого мониторинга до функций управления и интеграции дополнительного оборудования, современные системы должны предлагать широкий спектр функциональных возможностей.

Гибкое использование SICAM EMIC

Как логическое продолжение этих запросов, SICAM EMIC представляет собой расширение зарекомендовавшего себя продукта SICAM MIC. SICAM EMIC это недорогая, гибкая и модульная станция телеуправления, которая является частью семейства SICAM RTU. Аппаратная часть состоит из процессорного модуля и различных модулей входов/выходов; устройство предназначено для монтажа на DIN-рейку. Можно использовать проверенные модули входов/выходов, которые подходят ко всем продуктам семейства SICAM RTU.

Процессорный модуль используется для питания модулей входов/ выходов и связи с ними, а также имеет три коммуникационных интерфейса (1 Ethernet и 2 последовательных), чтобы соответствовать широкому диапазону требований. Также обеспечивается полная гибкость благодаря тому, что различные коммуникационные протоколы могут быть свободно респределены между интерфейсами. Функция автоматизации дополняет список возможностей SICAM EMIC.

Интегрированный веб-сервер для простоты настройки

Простота настройки является одним из главных приоритетов SICAM EMIC - процессорный модуль имеет встроенный веб-сервер для настройки, диагностики и тестирования, так что никаких специальных инструментов или дополнительных лицензий не требуется. Инструментарий уже интегрирован в SICAM EMIC и управляется с помощью стандартного веб-браузера. Проектирование, диагностика и тестирование SICAM EMIC может также осуществляться с помощью проверенного ПО SICAM TOOLBOX II, интегрированные инструменты которого подходят для всего семейства SICAM RTU. Все функции SICAM EMIC реализованы на одной плате, а данные и параметры хранятся на флэш-карте. Следовательно, актуальные параметры всегда доступны локально, и необходимость загружать данные с ПК отсутствует. Это делает замену устройств в процессе эксплуатации простой и соответствующей принципу Plug & Play (включи и работай). Перенос конфигурации тоже выполняется очень просто, и для этого достаточно заменить флэш-карту. По этой причине, а также благодаря комплексным функциям удаленной диагностики, простои могут быть сведены к минимуму. Благодаря своей сетевой функциональности SICAM EMIC имеет много различных возможностей применения. SICAM EMIC можно использовать как обычное устройство телемеханики с любым видом связи с центром управления. Если SICAM EMIC не имеет достаточного объема сигналов, то можно задействовать дополнительные устройства SICAM EMIC. Свободно программируемые прикладные программы для локальных фунций управления дополняют универсальность SICAM EMIC.

Очень гибкие настройки для связи с центром управления

- Многоточечный трафик
- Внешнее оборудование передачи данных можно подключить через интерфейс V.28 для передачи многоточечного трафика.
- Коммутируемый доступ
 - Кроме стандартного коммутируемого доступа поддерживается широкий диапазон возможностей передачи данных (аналоговый, ISDN, GSM, TETRA).
- IAN/WAN
 - Коммуникация по МЭК 60870-5-104/DNPi на базе Ethernet TCP/IP используется для связи по LAN/WAN сетям.

SICAM EMIC - система в деталях

Функции процессорного модуля:

- Централизованные функции обработки
- Хранение параметров и прошивки на флэш-карте
- Взаимодействие и питание модулей входов/выходов
- 3 коммуникационных интерфейса, с разными индивидуальными коммуникационными протоколами (МЭК 60870-5-101, 103, 104, Modbus, DNP 3.0, а также другие протоколы по запросу)

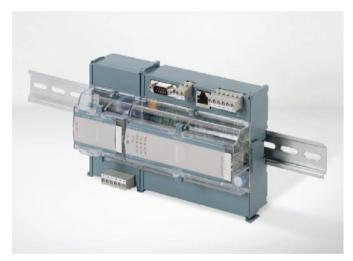


Рис. 6.3-54: SICAM EMIC - новый член зарекомендовавшего себя семейства SICAM RTU

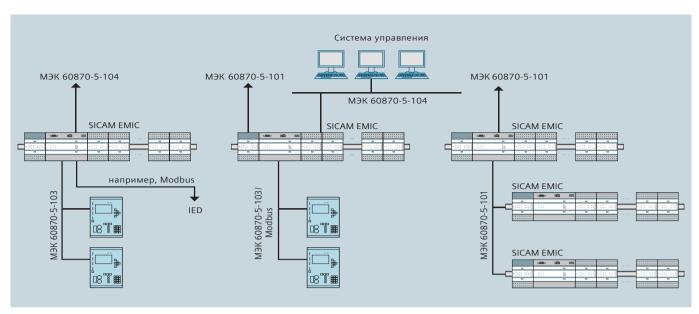


Рис. 6.3-55: Практическое применение SICAM EMIC

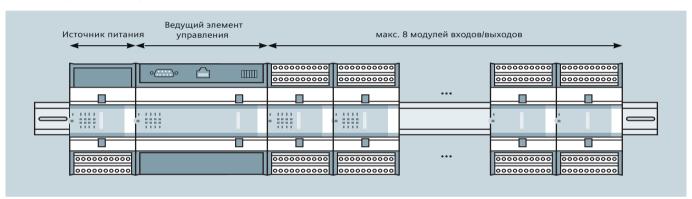


Рис. 6.3-56: **Архитектура SICAM EMIC**

Подробная информация www.siemens.com/sicam

6.4 Качество электроэнергии и измерения

6.4.1 Введение

Качество электроэнергии

Качество электроснабжения

Качество, как правило, рассматривается как важный показатель любой системы электроснабжения. Потребители беспокоятся и о высоком качестве, и о низких ценах. Цена и качество дополняют друг друга. Вместе они определяют ценность, которую потребители получают как услуги энергоснабжения.

Качество электроснабжения, предоставляемого конечному потребителю, есть результат ряда показателей качества, за которые несут ответственность различные секторы электрической промышленности. Качество обслуживания в электрической сети имеет ряд различных факторов, которые могут быть сгруппированы по трем основным разделам: коммерческие взаимоотношения между поставщиком и пользователем, непрерывность поставок и качество напряжения.

Во избежание высоких затрат из-за повреждения оборудования все потребители должны быть уверены в том, что они получают электроэнергию удовлетворительного качества, и что их электрооборудование сможет работать согласно требованиям даже в случае небольших возмущений. На практике напряжение никогда не может быть идеальным.

Электроснабжение — это одна из самых главных основных услуг, поддерживающая промышленное общество. Для потребителей электроэнергии эта основная услуга должна отвечать требованиям:

- электроэнергии эта основная услуга должна отвечать треоованиям.
 должна быть всегда доступна (т.е. высокий уровень надежности);
- обеспечивать безопасную и удовлетворительную работу всего электрооборудования всех потребителей (т.е. высокий уровень качества энергии).

Качество напряжения

Качество напряжения, также называемое качеством электроэнергии (РQ/КЭ), включает в себя разные характеристики энергосистемы. Главная среди них - качество формы кривой напряжения. Существует несколько технических стандартов, определяющих критерии качества напряжения, но непосредственно качество определяется способностью должного функционирования оборудования клиента. В практике имеют место технические явления такие как: изменение частоты, колебания величины напряжения, кратковременные изменения напряжения (провалы, скачки и кратковременные перерывы), длительные колебания напряжения (перенапряжения или пониженное напряжение), переходные процессы (временные переходные перенапряжения), искажения формы и прочее. Во многих странах качество напряжения регулируется, часто с использованием принятых отраслевых стандартов или практики, приводятся ориентировочные характеристики.

В наши дни все знают о влиянии плохого качества энергии, но немногие действительно контролируют его. Уровни отклонения качества электроэнергии необходимо еженедельно контролировать, иногда даже ежедневно, чтобы принять соответствующие профилактические меры до наступления серьезных последствий.

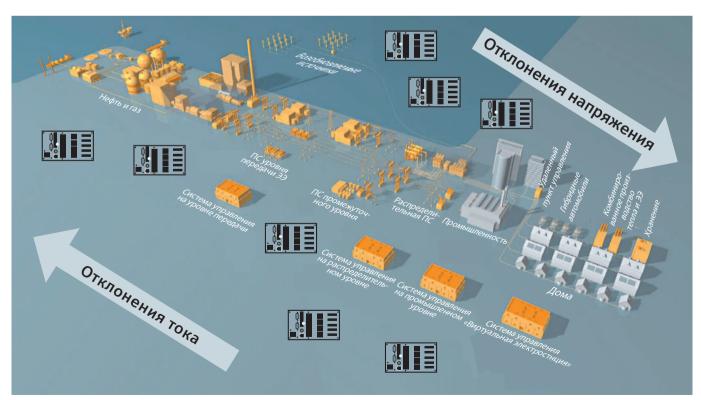


Рис. 6.4-1: Контроль качества энергии важен для всех – местной коммунальной компании, потребителя, местной экономики и окружающей среды.

6.4 Качество электроэнергии и измерения

Поэтому энергосистема заинтересована в контроле качества, демонстрируя, что она действует правильно и улучшает свои ноу-хау, примененные в системе. При таком подходе качество и надежность электроснабжения удовлетворяет требованиям потребителя.

Доступность и качество энергии еще более важны распределяющим компаниям. Либерализация электрического рынка сделала распределяющие компании зависимыми от действий других участников электроснабжения. Ситуация стабилизируется, и качество энергии становится основным приоритетом в процессе реструктуризации. Потребитель стал понимать, что для эффективного энергоснабжения нужно больше уделять внимания качеству.

Большинство проблем связанных с качеством электроэнергии напрямую затрагивают конечного потребителя или ощущаются на этом уровне. Конечные пользователи должны контролировать качество электроэнергии и содействовать мероприятиям по снижению негативного воздействия на сеть. Впрочем, часто потребители обращаются в таких случаях к коммунальному предприятию, и оказывают давление с целью получения энергоснабжения требуемого качества.

Стандарт качества электроэнергии EN 50160 описывает основные характеристики напряжения на вводах питания заказчика в сети низкого, среднего напряжения, и, в ближайшем будущем, системы высокого напряжения, при нормальных условиях эксплуатации.

Кто несет ответственность?

Интересная проблема возникает, когда рынок электроэнергии не обеспечивает потребности потребителя. Если заказчик не может найти оборудование, рассчитанное выдержать кратковременные перерывы питания, заказчик может, например, оказывать давление на поставщика энергии и регуляторный орган для увеличения качества энергии по всей распределительной системе. Поставщик может быть заинтересован помочь потребителю с решением проблем качества энергии и надежности на местном уровне.

Система электроснабжения может рассматриваться как ресурс открытого доступа. На практике, почти все подключены к ней и могут «свободно» питать ее. Теперь такая свобода ограничена стандартами и/или соглашениями. В странах Европы обычно используется Европейский стандарт EN 50160 как основа для определения качества энергоснабжения, часто так же называемое качеством напряжения или электроэнергии. На данный момент существует стандарт качества тока только для оборудования, но не для точки подключения. Взаимодействие между напряжением и током усложняет разделение ответственности за качество электроэрнергии между сетевой компанией и потребителем. Качество напряжения (за которое обычно считается ответственной сеть) и качество тока (за которое часто несет ответственность потребитель) влияют друг на друга.

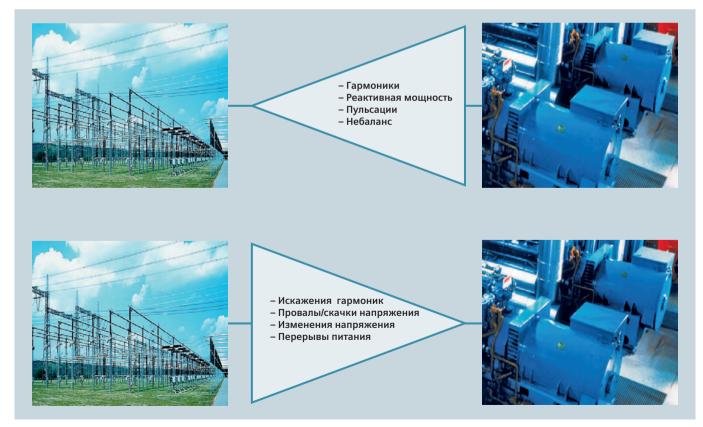


Рис. 6.4-2: Энергокомпания и промышленность, равно несут ответственность за качество напряжения

Проблема Эффект Описание Причина Пуск или отключение очень мощ-Изменения частоты: Неправильная работа, поте-Изменения частоты включают в ного оборудования потребителя, ря данных, сбои системы и себя изменения частоты выше или например, двигателя повреждение оборудования и ниже обычной стабильной частоты Нагрузка и разгрузка генератора двигателя или небольших генерирующих 50 или 60 Гц Для определенных типов двистанций гательной нагрузки двигателя, Источники питания нестабильной например, в текстильном производстве, важен постоянный частоты контроль частоты Прерывание питания: • Оперативные переключения с • Чувствительные к потере питания время прерывания Запланированная или случайная попыткой изолировать повретехнологические процессы и до трех минут отключение или повреждение общая потеря питания на опрежденный участок и подача питаделенном участке, мгновенные ния к участкам потребителей системы время (с) прерывания, длящиеся от половины Несчастные случаи, силы приро-Потеря памяти компьютера/ секунды до 3 секунд, кратковременды и т.д. контроллера ные длительностью от 3 секунд до Предохранители, действие защит-Производственные потери или минуты и длительные прерывания ной функции, например, цикл повреждение автоматического повторного более 1 минуты вкиючения Провал напряжения / Запуск или выключение очень • Потеря памяти, ошибки данных, спад или возрастание: большого элемента потребительтусклый или яркий свет, иска-Всякое кратковременное (от ского оборудования, например, жения на дисплях, отключение двигателя половины периода до 3 секунд) оборудования уменьшение (спад) или увеличение Короткие замыкания (повре-Опрокидывание или остановка (возрастание) напряжения ждения) двигателя и сокращения срока Электрическая цепь с недостаточего службы ным запасом Повреждение, ввод-вывод вспомогательного оборудования Амплитуда линейного напряже-Отключение оборудования от Изменение напряжения питания: сниженный уровень напряжения Колебания уровня напряжения ния может меняться в результате защит из-за недостаточного выше или ниже номинального обычной ситуации изменения напряжения или даже перегрев напряжения в обычных рабочих и/или повреждение оборудования в связи с избыточным напряжением Пониженная эффективность или сокращенный срок службы электрического оборудования сниженный уровень напряжения Пульсации: • Прерывистые нагрузки • Изменение яркости может прис повтором Впечатление нестабильности визу-Пуск двигателя вести к визуальным явлениям, ального восприятия в результате Дуговые печи называемым мерцание, нарушалегкого изменения яркости, изме-Сварочные агрегаты ющим концентрацию человека, нения освещенности во времени вызывающим головные боли т.д. Переходный процесс: • Нарушения в технологии Коммутационные операции в си-Тереходные процессы Переходный процесс – это внезапстеме, пуск и остановка тяжелого Потеря данных ное изменение напряжения вплоть оборудования, подъемников, Блокировка чувствительного до нескольких тысяч вольт. Он статические разряды сварочного оборудования может быть импульсного или колеоборудования и молния Сгоревшие печатные платы бательного типа (также называется импульс, всплеск или пик) Провал - это резкое изменение полярности в форме сигнала • Помехи для чувствительного Помехи: Помехи, вызванные электромаг-Это нежелательный электрический нитным излучением от приборов, электронного оборудования сигнал высокой частоты от другого например, микроволновая печь, Они могут вызвать ошибки обраоборудования радио и телетрансляция, дуговая ботки и потерю данных Гармоника: сварка, нагревательные прибо-Гармонические искажения Искажение – изменение чистой ры, лазерные принтеры, термовызывают перегрев двигателя, синусоидальной волны в результате статы, нарушенная проводка и трансформатора и проводки нелинейной нагрузки Неправильная работа выключанеправильное заземление Гармонические искажения вытелей, реле или предохранителей

званные нелинейной нагрузкой

Таблица 6.4-1: Основные проблемы с качеством электроэнергии

6.4 Качество электроэнергии и измерения

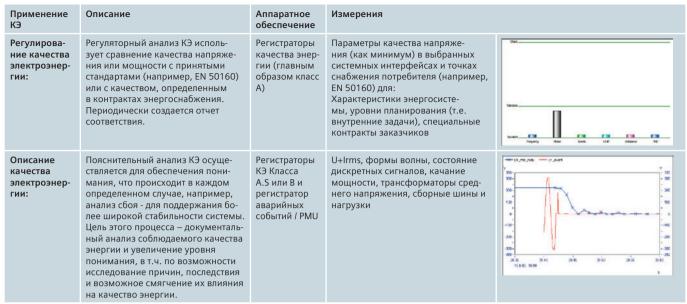


Таблица 6.4-2: Программы контроля качества электроэнергии

Этапы качественного контроля электроэнергии



Рис. 6.4-3: Этапы контроля качества электроэнергии в 5 шагов

Стандарты

Цель индексов качества энергии и измерений — характеризовать уровни нарушений в энергосистеме. Такие индексы можно определить как «характеристика напряжения» и описать с помощью кода сети, применяемом в интерфейсах электрической системы. Коды сети КЭ позволяют использовать существующие стандарты или руководящие принципы для определения индексов тока и напряжения примененных к интерфейсам в системах низкого, среднего и высокого напряжения, например, EN 50160. Этот стандарт определяет и описывает основные характеристики напряжения на вводах питания заказчика в сети низкого, среднего напряжения. Индексы для ВН-СВН также будут описаны в новой редакции EN 50160. Поскольку электрическая система в

различных регионах и странах разная, также существует множество региональных или национальных рекомендаций, определяющих специальные или адаптированные предельные величины.

Эти местные стандарты обычно являются результатом практического измерения качества или системным опытом, принятым в постоянном и глубоком исследовании поведения электрической системы. Но измерения согласно EN 50160 — это только часть процесса оценки качества энергии. Еще один важный стандарт измерения качества энергии это - МЭК 61000-4-30, определяющий методы измерения.

6.4 Качество электроэнергии и измерения

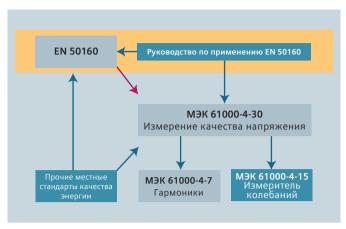


Рис. 6.4-4: Обзор международных и национальных стандартов качества энергии

Параметр	Характеристики напряжения питания соглас-
	но EN 50160
Частота сети	НН, СН: среднее значение основных измерений в течение 10 с \pm 1 % (49.5 - 50.5 Гц) для 99.5 % недели - 6 % / + 4 % (47 - 52 Гц) для 100 % недели
Колебания величины напряжения	HH, CH: ± 10% на 95 % недели, в среднем 10 минутные действующие значения (рис. 6.4-5)
Быстрое изменение напряжения	HH: 5 % нормально 10 % не часто Plt< 1 для 95 % недели CH: 4 % нормально 6 % не часто Plt< 1 для 95 % недели
Провалы напряжения питания	В норм. режиме: длительность < 1 с, глубина < 60 %. Локально ограниченные провалы, вызванные включением нагрузки: 10 - 50 %, CH: 10 - 15 %
Кратковременные прерывания напряжения питания	HH, CH: (до 3 минут) несколько десятых – несколько сотых/год, продолжительность 70 % из них < 1 с
Длительные прерывания напряжения питания	HH, CH: (более 3 минут) < 10 - 50 / год
Временные, перенапряжения частоты сети	< 1.5 кВ действ. СН: 1.7 UC (глухозаземленная или резистивное сопротивление), 2.0 UC (без заземления или резонансное заземление)
Переходные пере- напряжения	HH: в общем < 6 кВ, иногда выше; время повышения: мкс до мс СН: не определено
Несбалансированное напряжение питания	НН, СН: до 2 % для 95 % недели, в среднем 10 минутные действующие значения, до 3% в некоторых точках
Гармоники/THD (суммарный коэффи- циент гармонических искажений)	Гармоники НН, СН; THD: 8
Напряжение промежуточных гармоник	НН, СН: под рассмотрением

Таблица 6.4-3: **Согласно EN 50160**

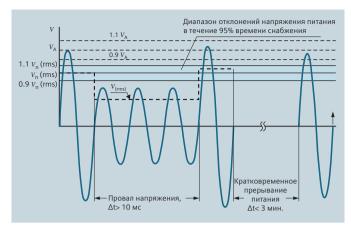


Рис. 6.4-5: Иллюстрация провала напряжения и кратковременного прерывания питания, классифицированные в соответствии с EN 50160; UN – номинальное напряжение системы питания (действ.), UA – амплитуда напряжения питания, U(действ.) – фактическое действующее напряжение питания

Нечетные гармоники			Четные гармоники		
Некра	тные 3	Кратные 3			
Порядок гармо- ники	Относи- тельное напряже- ние (%)	Порядок гармо- ники	Относи- тельное напряже- ние (%)	Порядок гармо- ники	Относи- тельное напряже- ние (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3,5	15	05	624	0.5
13	3	21	0.5		
17	2				
19	1.5				
23	1.5				
25	1.5				

Таблица 6.4-4: Значения напряжения индивидуальных гармоник на клеммах питания для порядков до 25, указанные в процентах VN

МЭК 61000-4-30 определяет также классы точности: класс «высокая точность» и класс S «низкая точность». Другими словами, если EN 50160 определяет, «что» измерять, то МЭК 6100030 определяет, «как» это измерять. Конечный результат процесса измерения должен представлять собой полностью автоматическую документацию всех измерений согласно стандарту.

Вычисление эффективных величин каждые пол периода — это критерий измерительного устройства класса А по МЭК 61000-4-30. Для определения диапазона состояний нормального напряжения для обнаружения событий уточняется диапазон гистерезиса. SICAM Q90 соответствует требованиям точности для измерительного устройства класса А согласно стандарту МЭК 61000-4-30.

6.4 Качество электроэнергии и измерения

МЭК 61000-4-30, Ed. 2, 2008-10:

Методы измерения качества электроэнергии: Этот стандарт определяет методы измерения и интерпретации результатов для параметров качества энергии в системах питания переменного тока.

M3K 61000-4-15:1997 + A1:2003:

Измеритель пульсаций, функциональные и конструктивные технические характеристики. В этом разделе МЭК 61000 приводятся функциональные и конструктивные технические характеристики для аппаратуры измерения пульсаций выделяющих допустимый диапазон пульсаций из сигналов напряжения всех существующих форм.

M3K 61000-4-7, Ed. 2, 2002-08:

Общее руководство по гармоникам и интер-гармоникам потребителей. Это общее руководство по измерениям и инструментам гармоник и интер-гармоник, для систем энергоснабжения и подключенного к ним оборудования.

Определение точки измерения и цели измерения качества энергии

Измерения качества энергии направлены на характеристики энергии, описывая качество каждого индивидуального интерфейса в электрической системе и в сетях различных клиентов. Обнаружение, определение, профилирование точек измерения качества — это важные задачи в определении проекта качества энергии. Впрочем, электрическая система динамична по своей природе, поэтому оптимизация точек измерения — это процедура, формирующаяся в ходе повседневного контроля. Это может не помочь предсказать измерения, но поможет более эффективно реагировать на них.

Идентификация точек измерения

Точки измерения можно определить так, как это показано в табл. 6.4-5.

Для измерения качества энергии требуется не только эффективный выбор точек измерения, но также определенные цели для анализа КЭ в точках измерения.

Мы обычно классифицируем мониторинг «качества энергии» как смесь технологий сбора данных, распределенных по целям или применению.

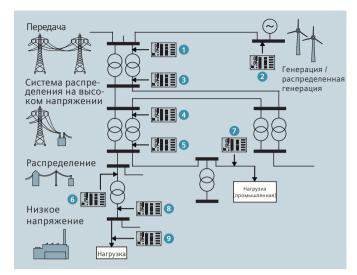


Рис. 6.4-6: Общая схема системы

Nº	Точки измерения	Место расположения.
0	Фидер передачи (линия или трансформатор)	Сборные шины
2	Генераторная станция / распределенная генерация	Шина, трансформатор или соединение генератора
8	Распределение на высоком напряжении	Шина (например, где шина принад- лежит и эксплуатируется передаю- щей компанией)
4	Фидер подпередачи (линия или трансформатор)	Удаленный конец линии (например, где линии принадлежат и эксплуатируются передающей компанией)
6	Распределение, питание линии	Вторичная сторона трансформатора или кабель к соседней подстанции
6	Фидер распределения (линия или трансформатор)	Понижающие трансформаторы
7	Распределительная на- грузка	Понижающие трансформаторы (например, где трансформаторы принадлежат и эксплуатируются распределительной компанией)
8	Питание НН	Трансформатор распределительной компании
9	Нагрузка НН	Нагрузка или трансформатор у потребителя

Таблица 6.4-5: Точки измерения и расположения в системе

6.4.2 Счетчики энергии SICAM P

SICAM P — это счетчик энергии для панельной установки с графическим дисплеем и фоновой подсветкой или стандартной установкой на монтажную DIN-рейку, используемый для сбора и/ или отображения измеренных значений в системах электрического энергоснабжения. Позволяет измерять более 100 значений, в т.ч. действующие значения напряжений (межфазное и/или фаза-земля), токи, активную, реактивную и полную мощность и энергию, коэффициент мощности, фазовый угол, гармоники токов и напряжений, полное гармоническое искажение на фазу плюс коэффициент частоты и симметрии, выход энергии, а также внешние сигналы и состояния.

SICAM Р доступен с монтажными параметрами 96 мм х 96 мм и его можно заказывать с дисплеем или без него.

SICAM Р стандартно поставляется с двумя дискретными выходами, которые можно конфигурировать для счетчиков энергии, предельных изменений параметров или сигналов состояния. Под заказ SICAM Р можно оснастить 1 дополнительным модулем аналогового входа или выхода.

Модуль также может активизироваться при достижении устанавливаемых пределов. Эта функция может быть запрограммирована для получения выборочных измерений или действующих значений. SICAM Р генерирует список минимальных, средних и максимальных значений для тока, напряжения, мощности, энергии и т.д. Независимые настройки для тока, напряжения, активной и реактивной мощности, коэффициента мощности и т.д также возможны. В случае превышения этих пределов устройство формирует аварийный сигнал. До 6 групповых аварийных сигналов можно сформировать с использованием логических комбинаций И/ИЛИ. Аварийные сигналы можно использовать для увеличения значений счетчика, для запуска функции осциллографа, для генерации импульсов дискретного выхода и т.д.



Рис. 6.4-7: SICAM P - счетчик энергии

Обзор функции

- Измерение напряжения, тока, активной и реактивной мощности, частоты, активной и реактивной энергии, коэффициента мощности, коэффициента симметрии, гармоник напряжения и тока до 21-й, суммарных гармонических искажений.
- Однофазное, трехфазное сбалансированное или несбалансированное подключение, 4-проводное подключение
- Обмен данными: PROFIBUS-DP, MODBUS RTU I ASCII или МЭК 60870-5-103, MODBUS RTU/ ASCII (только SICAM P50 Series) протокол связи
- Простое параметрирование фронтальной клавишей или через коммуникационный порт RS485 с использованием ПО SICAM P PAR

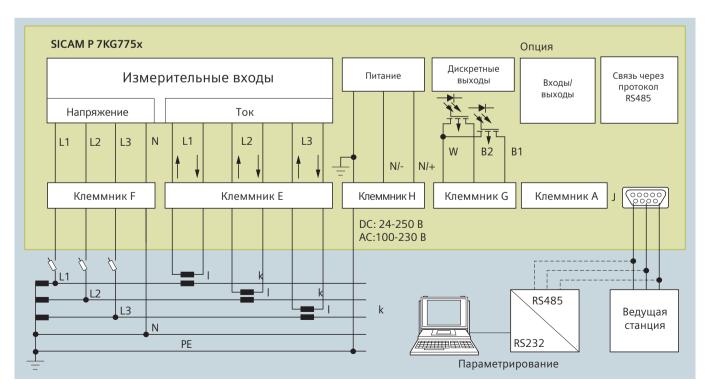


Рис. 6.4-8: Входы/выходы для серии Р50

6.4 Качество электроэнергии и измерения

- Графический дисплей с фоновой подсветкой с программируемыми экранами в количестве до 20 шт.
- Часы реального времени: измеренные значения и состояния записываются с метками времени.
- Управление 1 МБ памяти: распределение энергонезависимой памяти измерений программируется.
- Запись и отображение превышения предельных значений с записью в журнал.
- Батарея: такие записи как превышение предельных значений или значения счетчика энергии безопасно сохраняются в памяти до 3 месяцев в случае пропадания питания.

Приложения

Системы контроля энергии с постоянно установленной системой SICAM P, позволяют вести непрерывную запись данных, связанных с энергией, и предоставляют информацию по рабочим характеристикам электрических систем. SICAM P помогает идентифицировать источники потребления энергии и время пикового потребления. Благодаря этим данным можно распределить и сократить энергозатраты.

Основная сфера применения – контроль и запись значений мощности на уровне среднего и низкого напряжения. Основные типы информации – измеряемые значения, аварийные сообщения и информация о состоянии.

SICAM P50/P55:

Модули входов и выходов

SICAM P50/P55 можно оснастить дополнительными модулями аналогового входа или выхода. SICAM P50/P55 поставляется с 1 слотом, в который можно установить модуль. Для различных сфер применения доступно 5 разных модулей.

Применение.

Входные модули можно использовать для сбора, отображения и дальнейшей обработки внешних сигналов с диапазоном измерений 0 - 20 мA DC

Измеренные значения можно отображать вместе с единицами измерения на дисплее. Также возможна передача текущего состояния измеренного сигнала на центральную ведущую станцию через PROFIBUS-DP V1, MODBUS RTU / ASCII или МЭК 60870-5-103.

Кроме того, средние значения всех внешних аналоговых каналов, а также состояния цифровых каналов можно записывать и сохранять в памяти.

Все записанные данные и информацию о дискретных состояниях можно считать и оценить конфигурационным ПО SICAM P Manager.

Выходные модули можно использовать для преобразования любого электрического параметра (ток, напряжение и т.д.) в исходящий сигнал 0 - -20 / 4 - 20 мА DC, генерации импульсов для измерения, указания о превышении предельных значений, а также операций переключения.

Назначение модулей

Комплектация различными аналоговыми/цифровыми модулями может быть сделана только в процессе заказа SICAM Р. Изменения или модернизация модулей существующих SICAM Р не представляется возможным.

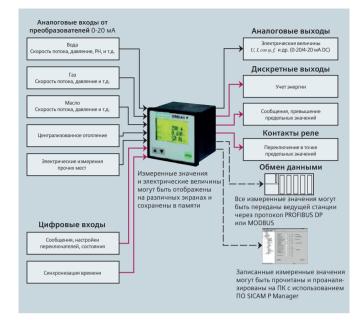


Рис. 6.4-9: SICAM Р примеры приложений

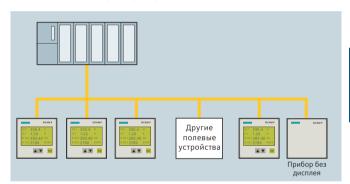


Рис. 6.4-10: SICAM P c PROFIBUS-DP, MODBUS и МЭК 60870-5-103

На рис. 6.4-9 показан пример расширенного входа/выхода для различных применений.

Пример применения 1 (рис. 6.4/-10)

SICAM Р как устройство, монтируемое на панель или с зажимами, для использования на шине процесса.

Сети могут быть связаны с интегрированным портом RS485 со стандартным коммуникационным протоколом PROFIBUS-DP и MODBUS RTU/ASCII. Кроме того, можно интегрировать SICAM P50 в коммуникационные сети с МЭК 60870-5-103 как стандартный протокол. Это обеспечивает возможность отображения, анализа и обработки нескольких параметров, измеряемых SICAM P, на центральной мастер-станции.

Основная сфера применения – интеграция в системы ПЛК в качестве преобразователя.

6.4 Качество электроэнергии и измерения

6.4.3 Преобразователь цифровых измерений SICAM T

SICAM T — это преобразователь цифровых измерений, который позволяет измерить электрические величины в электрических сетях в одном блоке. В промышленности, на электростанциях и подстанциях преобразователи используются для передачи измеряемой величины (например, тока, напряжения, мощности, фазного угла, энергии или частоты) для дальнейшей обработки через аналоговые выходы или коммуникационный интерфейс для выполнения задач точного управления, уведомления или визуализации.

Тип устройства

- Устройство, монтирующееся на рейку
- Пластиковый корпус 96 мм х 96 мм х 100 мм/ 3.7795 х 3.7795 х 3.9370 дюймов (ШхВхГ)
- Класс защиты IP20.

Входные и выходные цепи

- 4 входа для измерений значения переменного напряжения
- 3 входа для измерений значения переменного тока до 10 А длительно
- 4 дополнительных аналоговых выхода постоянного тока, которые могут свободно конфигурироваться:

Постоянные токи: от 0 мA до 20 мA, от 4 мA до 20 мA и от -20 мA до 20 мA

Постоянное напряжение: от ОВ до 10В и от -10В до 10В

• Отдельно программируемые дискретные выходы.

Светодиодные индикаторы (СИД) сигнализации

 Автоматически контролируют правильность функционирования своих аппаратных средств, ПО и компонентов прошивок.

Обмен данными

- Ethernet: MЭК 61850 или коммуникационный протокол MODBUS TCP
- Дополнительный последовательный интерфейс RS485, который позволяет устройству обмениваться данными через коммуникационный протокол MODBUS TCP или MЭК 60870-5-103.

Измеряемые величины

Из измеренных величин можно записать или рассчитать следующие измеряемые величины:

• TRMS (Истинное RMS) для переменного напряжения и тока



Рис. 6.4-11: Блок-схема SICAM T 7KG9661



Рис. 6.4-12: Преобразователь цифровых измерений SICAM T

- Активная, реактивная и полная мощность
- Активная, реактивная и полная энергия
- Частота сети
- Фазный угол
- Коэффициент мощности и коэффициент активной мощности
- Несимметричность напряжения и тока
 - Среднее значение 3-фазных напряжений: Ucp
 - Среднее значение 3-фазных токов: Іср

Синхронизация времени

Для общего базиса времени при обмене данными с периферийными устройствами и присвоении меток времени данным процесса.

- Внешняя синхронизация времени через Ethernet NTP
- Внешняя синхронизация времени через шину данных, с использованием коммуникационного протокола MODBUS TCP или MЭК 60870-5-103
- Внутренняя синхронизация времени через RTC (если внешняя синхронизация времени недоступна).

Время срабатывания для аналоговых и дискретных выходов

Более быстрое время срабатывания аналогового и дискретного выхода является важной характеристикой устройства SICAM T, которое обеспечивает надежный отклик управляющих применений. Время срабатывания устройства составляет 120 мс при 50 Гц и 100 мс при 60 Гц.

Приложения

- Преобразование и интеграция измеряемых величин в систему автоматизации подстанции, защиты или процесс SCADA через RTU и/или через протоколы МЭК 61850 (для модели 7КG9662), MODBUS TCP,
- МЭК 60870-5-103 для задач дальнейшего управления и/или контроля
- Контроль более низких уровней напряжения и управление нагрузочным режимом, например, кондиционирования воздуха и двигателей
- В зависимости от типа устройства входные цепи для измерения напряжения могут быть спроектированы как делители напряжения, либо могут быть изолированы гальванически. Устройства с гальванической изоляцией в системах электроснабжения типов IT, TT и TN могут использоваться без трансформаторов напряжения. Устройства с делителями напряжения также могут использоваться в этих системах, однако для систем IT необходим расположенный выше трансформатор напряжения.

6.4 Качество электроэнергии и измерения

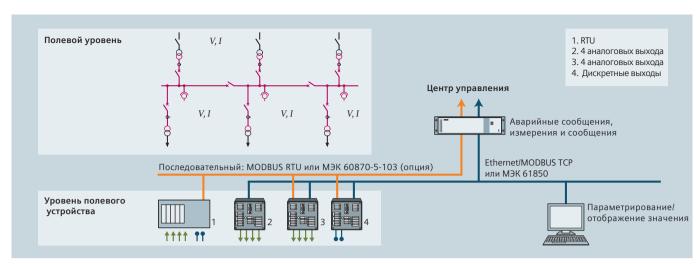


Рис. 6.4-13: Применения SICAM T

Основные возможности

- Исполнение: Компактное и прочное устройство для использования на промышленных объектах и в коммунально-бытовой
- Подключения к 1-фазным системам, 3-х и 4-х проводным системам
- Применение: Подходит для применения в энергосистемах, промышленном и коммерческом секторах
- Измерения: доступно до 60 измеряемых или рассчитываемых значений
- Температурный диапазон: от -25 $^{\circ}$ C до +55 $^{\circ}$ C/ от -13 до 131 $^{\circ}$ F
- Высокая точность: обычно 0,1% для напряжения и тока при номинальном входе МЭК 60688 и 0.2 с в соответствии с МЭК 62053-21
- Высокая защищенность ЭМС: в соответствии со стандартами EN 61000-6-2 и EN 61000-6-4 для директив ЭМС, а также стандартом EN 61010-1 для директивы о низком напряжении
- Сертификация UL: Данный продукт сертифицирован лабораторией по технике безопасности (организация UL США) в соответствии со стандартом UL 61010-1.

Применения SICAM T:

Для целей местного контроля или управления через передачу на аналоговые выходы до 60 доступных электрических параметров, уведомлений через дискретные выходы или интеграцию в системы SCADA/контроля через коммуникационный интерфейс, например, последовательный или Ethernet (см. рис. 6.4-13).

Основные показатели

- Гибкий диапазон измерения тока (до 2х Іном)
- 4 быстродействующих аналоговых выхода (срабатывание примерно 120 мс при 50 Гц и 100 мс при 60 Гц) для надежного
- 2 отдельных дискретных выхода для быстрого переключения, вывода сообщений (например, о превышении предельных допусков) и контроля рабочего состояния
- 4 светодиодных индикатора для отображения местного состо-
- Связь Ethernet через МЭК 61850 и MODBUS TCP и последовательный интерфейс через MODBUS RTU или МЭК 60870-5-103
- Внутренняя батарея для часов реального времени и сохранения показаний счетчиков электроэнергии в случае отключения электроэнергии
- Удобная работа через веб-сервер (не требует никакого дополнительного ПО для параметрирования, никаких конвертеров или дополнительных кабелей)
- Часы реального времени (RTC), возможна синхронизация шины данных или синхронизация сети через NTP.

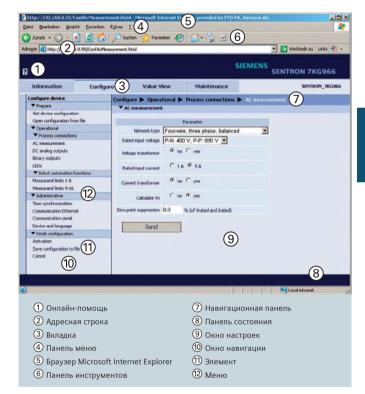


Рис. 6.4-14: Структура пользовательского интерфейса SICAM T GUI

Графический пользовательский интерфейс

Программное обеспечение по параметрированию и контролю Конфигурацию устройства можно выполнить только с подключенного ПК или ноутбука. В устройстве реализован пользовательский интерфейс SICAM T GUI (GUI = Графический пользовательский интерфейс), что означает, что для выполнения всей работы и параметрирования устройства не требуется никакого дополнительного программного обеспечения. Осуществлять навигацию можно с помощью браузера Microsoft Internet Explorer, используя кнопки, расположенные на панели инструментов.

Состояние устройства, подключения, параметрирование, файлы системного журнала, просмотр значений и обслуживание можно легко обрабатывать через интерфейс SICAM T GUI.

6.4.4 Мониторинг и анализ качества напряжения с SICAM Q80

Качество энергии – это комплексный вопрос. Качество напряжения зависит от всех участников связанных в энергосистеме: энергосистемы передачи и распределения, производители электроэнергии и конечные потребители. Неадекватное качество энергии негативно влияет на надежность нагрузок в системе энергоснабжения и может иметь серьезные последствия. SICAM Q80 – это компактный и мощный регистратор, предназначенный для энергосистем и промышленности, для непрерывного контроля качества энергии на соответствие нормативам (например анализ по стандарту), а также записи на основе событий с объяснительной целью (например, запись формы волны), от генерирующей установки к последнему потребителю в цепи энергоснабжения.

Используя SICAM Q80 можно постоянно контролировать качество системы энергоснабжения. Это может быть основано на критериях качества, определенных в Европейском стандарте качества систем энергоснабжения EN 50160 или на других критериях оценки. Кроме того, данные выше или ниже определенного порогового значения сохраняются и могут использоваться для общего анализа. Он обеспечивает информацию, с которой можно видеть полное электрическое состояние энергосистемы!

Сфера применения SICAM Q80

- Применение нормирования показателей качества энергии: измерения, сравнения и профилирования показателей качества электрической энергии в отдельных сегментах электрической системы таких как производство, передача, субпередача и система распределения.
- Применение анализа показателей качества энергии: запись нарушений (например, фиксация формы волны) обеспечивает понимание причин и последствий проблем качества энергии.

Преимущества

- Удовлетворенность клиента: Доказано, что компании с подходящей системой контроля качества энергии являются более надежными поставщиками и потребителями энергии.
- Защита фондов: Раннее определение нарушений и активная реакция на них. Комплексная информация для увеличения видимости и контроля фондов на удаленных участках сети.
- В случае переговоров или споров, контроль качества энергии предоставляет свидетельство для согласования интересов и поддержки соглашений между сторонами.
- В качестве снабжения заинтересованы энергосистемы, регулирующие органы, потребители и окружающая среда.



Рис. 6.4-15: SICAM Q80 Регистратор качества

Обзор функции

Измерение в нормальном режиме и при нарушениях в соответствии с необходимыми требованиями точности, как оговорено в МЭК 61000-4-15, МЭК 61000-4-7 и МЭК 610004-30 (класс A).

Запись и оценка

- Напряжение и частота питания: отклонение частоты
- Медленные колебания напряжения: обнаружение и мониторинг кратковременной потери питания
- Быстрые изменения напряжения: нарастание напряжения, провалы напряжения, скачки напряжения и пульсации напряжения в сети (колебания)
- Передаваемые по силовой линии ВЧ-сигналы совмещаются с напряжением питания
- Форма волны напряжения: гармоники (до 50-й гармоники) и до 10 промежуточных гармоник
- Гибкий предел значения и определение события
- Запись неисправности, срабатывающая от формы волны и дискретных значений
- Сравнение и отчетность профиля качества энергии в соответствии с EN 50160 или местными стандартами.

6.4 Качество электроэнергии и измерения

Функции

- Подходит для мониторинга однофазных, 3- и 4-проводных силовых систем (до 1000 В (действ.знач.)
- 4 канала измерения напряжения, 4 тока или 8 напряжения
- Стандарт: 4 дискретных входа, 4 дискретных выхода
- Частота дискретизации 10 кГц для анализа сети
- Точность измерений 0,1% диапазона
- Высокая локальная возможность хранения: съемная карта «compact flash» (стандартная поставка 2 ГБ)
- Расширенный процесс сжатия данных (данные качества энергии)
- Автоматическая передача данных
- Автоматическое сравнение и отчетность профиля качества энергии в соответствии с EN 50160 или вашим местными стан-
- Автоматическое уведомление в случае сбоя или нарушения по электронной почте, СМС или по факсу
- Функции экспорта
- Интерфейсы Ethernet и модемной связи для параметрирования, дистанционного мониторинга и опроса
- GPS / DCF-77 / IRIG-B и NTP для синхронизации
- Система запуска сети
- Простая эксплуатация, компактный и надежный дизайн

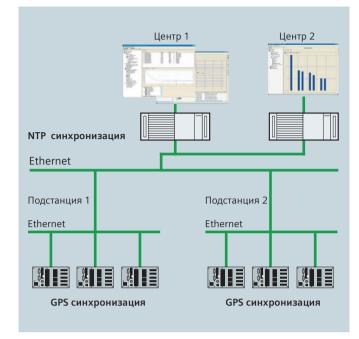


Рис. 6.4-16: Типовые конфигурации для системы мониторинга КЭ

6.4.5 SIPROTEC 7KE85 - Цифровой регистратор повреждений с встроенным измерением параметров Качества Энергии (КЭ)* и измерением векторных величин (PMU)

Применение.

- Автономные стационарные регистраторы для систем сверхвысокого, высокого и среднего напряжения
- Компонент вторичного оборудования электростанций и подстанций или промышленных предприятий

Обзор функции

- Интеграция в семейство SIPROTEC 5
 - Принцип непрерывной диагностики аппаратной части
 - Различные модули расширения
 - DIGSI как инструмент настройки
 - Выбор функции с помощью функциональной единиц
- Регистратор помех класса S для применения в подстанциях СН/ ВН / СВН и в электростанциях
 - 1 x Регистратор быстрого сканирования
 - 2 x Регистратора медленного сканирования
 - 5 х Регистраторов непрерывной записи
- Регистратор качества электроэнергии класса S согласно стандарта EN50160 для анализа, а также записи и архивирования проблем качества электроэнергии всех включений энергосети
- Регистратор событий для дискретных сигналов наблюдения за состоянием различных первичных компонентов, таких как автоматические выключатели, разъединители и др.
- PMU согласно IEEE C37.118.
- Коммуникация с МЭК 61850
- Частоты дискретизации программируемые между 1 кГц и 16 кГц
- Синхронизация времени через IRIG B/DCF77/SNTP
- Внутренняя память:
 - 12 Гбайт кольцевого буфера
- Мониторинг достоверности I Сжатие данных без потерь
- Гибкая маршрутизация
 - Возможность присвоения измеренного значения к каждому регистратору
 - Свободная комбинация групп измерений для расчета электроэнергии
- Записанные биты качества
 - Отчет достоверности для каждого зарегистрированного значения + мониторинг качества канала в ПО SIGRA или SIC AM PQ Analyzer
- Запись значений и запуск GOOSE сигналов
- Создание гибких функций защиты с использованием программируемой логики CFC
- Дополнительные функции для простоты тестирования и ввода в эксплуатацию
- Тестовый регистратор для наладки и проверки системы



Рис. 6.4-17: Цифровой регистратор повреждений 7КЕ85



Рис. 6.4-18: Модуль расширения



Рис. 6.4-19: Базовый модуль, вид сзади

^{*}в подготовке

6.4 Качество электроэнергии и измерения

Применение в качестве Блока измерений векторов (РМU)

С цифровым регистратором повреждений 7КЕ85, функции «Блока измерений векторов» доступны как и прежде.

На рис. 6.4-20 показан принцип применения. Измерение тока и напряжения с учетом амплитуды и фазы осуществляется с использованием блоков PMU на отдельных подстанциях системы передачи. Благодаря высокой точности временных меток присвоенных векторным величинам PMU, измеренные значения могут отображаться в виде общей векторной диаграммы в центральной анализируемой точке. Это обеспечивает хороший обзор условий стабильности системы, и позволяет отображать динамические процессы, например колебания мощности.

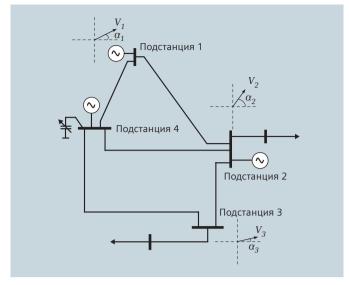


Рис. 6.4-20: Принцип распределенного измерения векторов

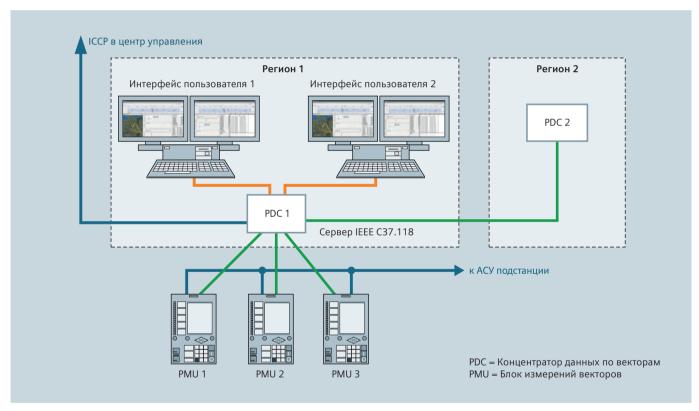


Рис. 6.4-21: Подключение 3x «Блоков измерений векторов» с двумя «Концентраторами данных по векторам» (PDC) SIGUARD PDP

Если опция «Блок измерений векторов» выбрана, устройства определяют значения векторов токов и напряжений, присваивают им высокоточные метки времени и отправляют их в концентратор данных по векторам, вместе с другими измеренными значениями (частоты, скорости изменения частоты) через коммуникационный протокол IEEE C37.118, см. рис. 6.4-21.

С помощью синхронизации векторов и подходящей программы анализа (например, SIGUARD PDP) можно определить колебания мощности автоматически и генерировать сигналы тревоги, которые отправляются, например в центр управления энергосетью.

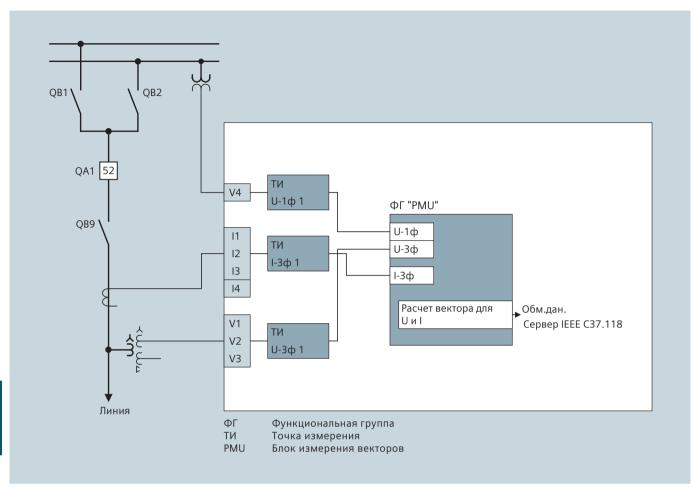


Рис. 6.4-22: Пример применения

Когда РМU используется, в устройстве создается функция «РМU», см. рис. 6.4-22. Эта функциональная группа рассчитывает положение векторов и их аналоговые значения, устанавливает временные метки и отправляет данные для выбранного интерфейса Ethernet с протоколом IEEE С37.118. Там они могут быть получены, сохранены и обработаны с помощью одного или нескольких клиентов. В устройстве может быть выделено до трех IP-адресов клиентов.

Информация для планирования проекта с 7КЕ85

Вспомогательные компоненты системы высокого или среднего напряжения, могут быть размещены в централизованном релейном помещении или в низковольтных питающих отсеках КРУ. Исходя из этого, система 7КЕ85 была разработана таким образом, что допускает как централизованный так и децентрализованый монтаж.

7КЕ85 может поставляться с зависимой от комбинации вводов/ выводов шириной. Например, достаточно только базового модуля, если измеряемые величины ограничены одним фидером (например, 8 аналоговых и 8 дискретных сигналов). Что часто применяется для установок высокого напряжения, где каждый фидер оборудован дополнительным релейным отсеком для вспомогательного оборудования. Во всех остальных случаях расширение комбинации аналоговых и дискретных сигналов через набор входов/выходов является более экономичным. Модульная структура с различными интерфейсами и модулями подключения обеспечивает максимальную гибкость.

Типичные области применения 7КЕ85

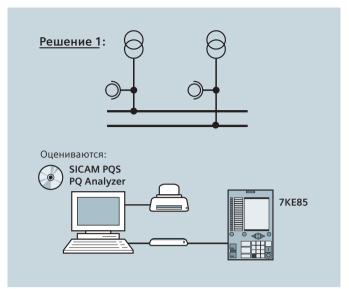
- Мониторинг питания
- Мониторинг питающего ввода от высоковольтной сети через 2 трансформатора на 2 сборных шинах сети среднего напряжения. Это применение является актуальным как для вводных линий муниципальных жилищно-коммунальных предприятий, так и для крупных промышленных предприятий (рис. 6.4-23)
- Мониторинг питающего ввода (рис. 6.4-24)

Мониторинг повреждений и качества электроэнергии в электрических сетях

Энергоснабжающие компании с распределительными сетями не только поставщики, но и потребители, особенно возобновляемых источников энергии. Поэтому, важно осуществлять мониторинг качества электроэнергии, как в точке передачи важным промышленным предприятиям, так и в точках снабжения поставщиков (рис. 6.4-25).

Мониторинг качества электроэнергии на промышленном предприятии

Всем промышленным предприятиям с чувствительным к КЭ производством необходимо документирование параметров качества электрической энергии в пункте передачи, таким образом, документ обоснует любые иски о возмещении ущерба в отношении поставщиков. Для внутреннего контроля, важно отслеживать отдельные участки с экономической точки зрения и конкретных качественных характеристик (рис. 6.4-26).



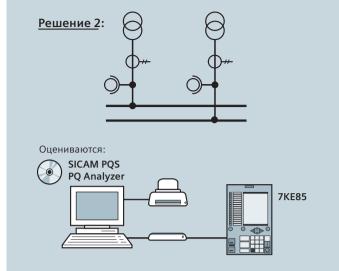


Рис. 6.4-23: Мониторинг питания

Рис. 6.4-24: Мониторинг питающего ввода

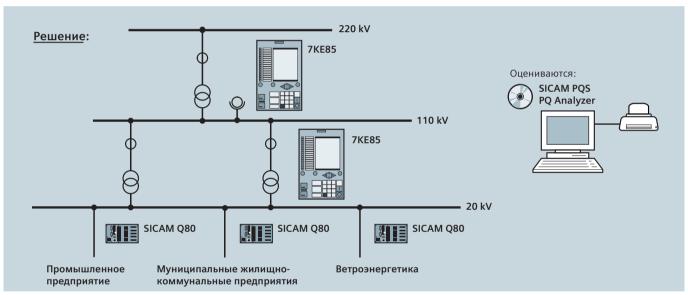


Рис. 6.4-25: Контроль качества в системах распределения энергии

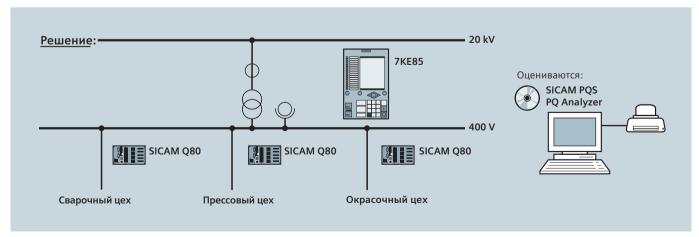


Рис. 6.4-26: Мониторинг качества электроэнергии на промышленном предприятии

6.4 Качество электроэнергии и измерения

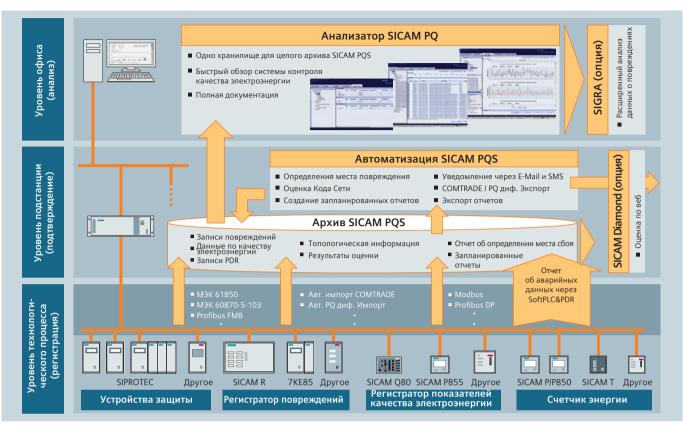


Рис. 6.4-27: SICAM PQS - Одна система для всех данных качества электроэнергии

ПО SICAM PQS система регистрации повреждений и анализа качества энергии

SICAM PQS Программный пакет SICAM PQS предназначен для использования в персональных компьютерах оснащенных операционной системой MS Windows 7. Он используется для дистанционной передачи по МЭК 61850, оценки и архивирования данных полученных от 7КЕ85, цифровых устройств защиты, а также от регистратора качества электроэнергии SICAM Q80. Программа используется для настройки конфигурации системы, параметризации 7КЕ85 и SICAM Q80, установленных в общей рабочей зоне. Что позволяет полностью автоматизировать передачу всех записанных данных (записи повреждений, события, средние значения) от устройств мониторинга на одну или несколько сетевых станций оценки SICAM PQS; полученные данные затем могут быть немедленно отображены, и в соответствии со стандартами качества энергосистемы (рис. 6.4-27).

SICAM PQS предлагает широкий выбор приложений и средств оценки, что позволяет оператору осуществлять более детальный анализ записи с помощью временных диаграмм с настройкой отображения кривых, векторных диаграмм и др. Индивидуальные схемы могут быть адаптированы к индивидуальным требованиям с помощью масштабирования и функции приближения. Различные измеренные величины могут быть немедленно рассчитаны путем отметки определенной точки на схеме с курсором (импеданс, реактивное сопротивление, активная и реактивная мощности, гармоники, пиковое значение, среднеквадратичное значение, значение симметрии и др.).

Кроме того может быть произведен автоматический расчет расстояния до места повреждения и формирование отчета, что будет выполнено после того, как событие было зарегистрировано в системе электроснабжения.

Анализ качества электроэнергии использует стандарты EN 50160 и МЭК 61000, или выполняется согласно стандартам энергосистемы, и использует эффективные инструменты, которые обеспечивают автоматически сформированной информацией об отклонениях от установленных ограничений.

Передача данных предпочтительно осуществляется посредством сети WAN (глобальная вычислительная сеть) или телефонной сети. В зависимости от контролируемой SICAM PQS энергосистемы, SICAM PQS может выполнить выравнивание соответствующей системы. Модульная структура SICAM PQS позволяет использовать отдельные функциональные пакеты идеально соответствующие требованиям. Кроме того, SICAM PQS также можно легко расширять для создания системы управления станцией для комбинированных вариантов применения. Программа полностью поддерживает архитектуру системы клиент / сервер.

Особенности

- Для совместной работы со сторонними производителями регистратров повреждений, устройтств защиты и оборудования контроля КЭ, используются стандартные протоколы или импорт в формате COMTRADE/PQDIF
- Краткий обзор качества системы посредством хронологического отображения индекса КЭ
- Непрерывное ведение документации о качестве энергосистемы
- Автоматическое уведомление в случае нарушения установленных пороговых значений согласно стандартам энергосистемы.
- Автоматическое и точное определение места повреждения с учетом компенсации параллельных линий
- Структурированная, последовательная и постоянная документация и архивация данных
- Автоматическая генерация циклических отчетов качества электроэнергии

6.4 Качество электроэнергии и измерения

Функциональные пакеты SICAM PQS

«Incident explorer» (пакет «Анализатор событий»)

«Incident explorer» является центральным навигационным интерфейсом SICAM PQS. Он выступает в качестве пульта управления для пользователя и обеспечивает структурированный обзор событий во всей системе. Он показывает содержимое всего архива показателей качества электроэнергии с записью ошибок, отчеты о локализации аварий, пост-аварийный обзорный отчет, отчет качества электроэнергии, а также возможность определения места повреждения и импорт файлов comtrade. «Comtrade viewer», который входит в комплект поставки, позволяет анализировать повреждения в сети (рис. 6.4-28).

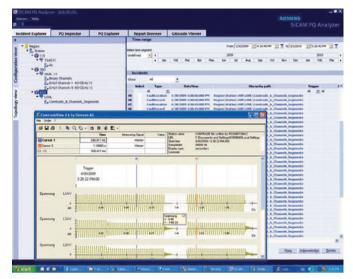


Рис. 6.4-28: Incident explorer

«PQ Inspector» (пакет «Инспектор КЭ»)

«PQ inspector» - это дополнительный модуль, который наглядно демонстрирует качество электрической энергии и состояние всей сети за выбранный период. Это позволяет быстро установить происхождение и вид нарушения. Еще одна особенность «PQ inspector» это возможность создания пользователем отчета качества электроэнергии по принципу «шаг за шагом» (рис. 6.4-29).

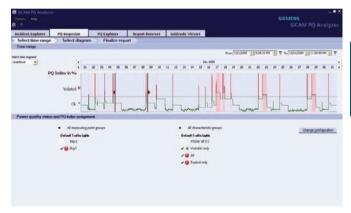


Рис. 6.4-29: PQ Inspector

«PQ Explorer» (пакет «Анализатор КЭ»)

«PQ explorer» выполняет подробный анализ основанный на сравнении измеряемых показателей качества энергии и данных непосредственно из стандартов энергосистемы. Это сравнение и большое количество различных схем, доступных для отображения данных качества электроэнергии позволяет очень быстро понять характер и степень нарушения качества электроэнергии и предпринять адекватные меры (рис. 6.4-30).

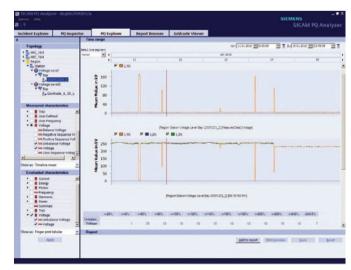


Рис. 6.4-30: PQ Explorer

6.4 Качество электроэнергии и измерения

«Report browser» (пакет «Навигатор отчетов»)

Отчеты создаются автоматически еженедельно, ежемесячно и ежегодно, а также в случае нарушения Сетевого Кода. «Report browser» выполняет обзор автоматически сформированных отчетов согласно выбранных временных диапазонов и оценки результатов. Индивидуальные отчеты могут быть открыты непосредственно в «Report browser» (рис. 6.4-31).

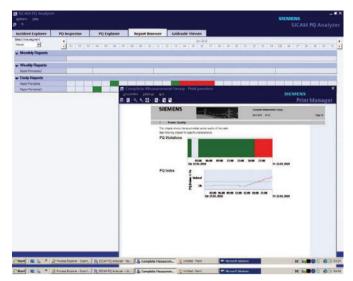


Рис. 6.4-31: Report browser

Определение места повреждения (ОМП) с компенсацией влияния параллельной линии

Одно- или двустороннее ОМП обеспечивает точное определение места повреждения, поиск может быть еще более точным за счет компенсации влияния параллельной линии. Отчет, который создается для каждого вычисленного места повреждения и содержит все важные данные. Быстрая, надежная локализация повреждений позволяет более эффективно координировать действия персонала и, таким образом, помогает минимизировать время простоя (рис. 6.4-32).

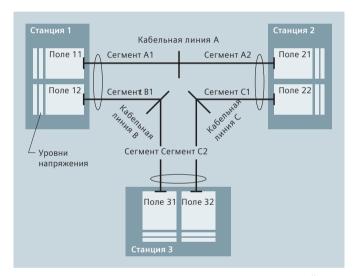


Рис. 6.4-32: Определение места повреждения с компенсацией параллельной линии

Мониторинг записей повреждений и отчетов КЭ с помощью Веб-Инструмента SICAM Diamond

Простой доступ через интернет к PQ Archive c SICAM Diamond. Можно наблюдать за записями о повреждениях, отчетами о нарушении КЭ (результат проверки КЭ), отчетами об определении мест повреждений, отчетами по расписанию (автоматически циклически сгенерированные отчеты о заданных показателях КЭ).

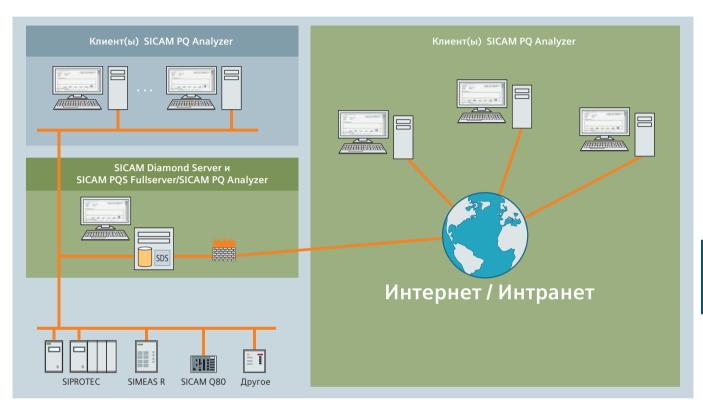


Рис. 6.4-33: SICAM PQS V7.01 / SICAM Diamond V4.0 HF1 идет через Be6-SICAM Diamond

6.4 Качество электроэнергии и измерения

6.4.6 SIGUARD PDP – Процессор обработки векторных данных (синхрофазоров)

SIGUARD PDP – Надежная работа системы с мониторингом сетей большой территории охвата

В последние несколько лет нагрузка на энергосистемы постоянно растет. Для этого есть много причин:

- Увеличивающиеся объемы продажи электроэнергии за границу в Европе, например, выдвигаются новые требования к линиям связи между областями управления. Так, передача электроэнергии по линиям связи Европейской сети за период с 1975 по 2008 год увеличилась почти в шесть раз (источник: Ежегодное статистическое издание ENTSO-E 2008)
- Увеличившиеся поступления энергии ветра, а также планируемые закрытия существующих электростанций еще больше увеличат расстояние между источником электроэнергии и потребителем.
- Плохие погодные условия и сильные бури могут вывести из строя важные линии передачи электроэнергии, подвергая, таким образом, другие участки сети краткосрочным возросшим нагрузкам.

Это означает, что система электропитания все чаще эксплуатируется на пределе стабильности, а возникающие новые потоки нагрузки незнакомы операторам центров управления сети.

Внедрение SIGUARD PDP (Процессор обработки векторных данных). Эта система для мониторинга сети с помощью технологии синхронизации векторов помогает быстрой оценке текущей ситуации в системе. Качания мощности и переходные процессы определяются без задержек, что помогает персоналу центра управления найти причину и принять меры противодействия.

Основные показатели

- Процессор обработки векторных данных соответствует стандарту IEEE C37.118
- Выбор одного из 2 режимов мониторинга:
 - Режим онлайн
 - Режим офлайн (анализ предыдущих событий)
- Для любого вектора можно выбрать векторное представление или представление временной диаграммой
- Расчет и отображение кривой состояния энергосистемы
- Контроль системы, включая линии обмена данными и состояние РМП
- Географический обзор (на базе Google Earth)
- База для формирования оперативных отчетов после повреждений
- Гибкий анализ с помощью редактора формул для расчетов, основанных на измеряемых значениях
- Предельные значения, которые можно менять он-лайн
- Работает с Windows XP и Windows 7, как чистый концентратор данных векторов (PDC) (без пользовательского интерфейса), а также с Windows Server 2008.

Приложения

Анализ перетоков мощности в системе SIGUARD PDP может отображать четкое и текущее изображение перетоков мощности тока в системе с помощью всего лишь нескольких измеряемых значений от широко распределенных блоков измерения параметров векторов (PMU). Это требует информации о топологии сети. Перетоки мощности отображаются с помощью разницы фазных углов.

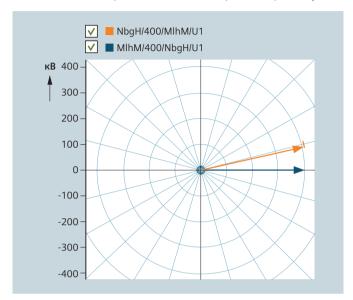


Рис. 6.4-34: Вектор напряжения двух измеряемых точек в сети

- Идентификация качания мощности Все величины, измеряемые блоком PMU, могут отображаться и контролироваться с помощью простых в конфигурировании векторных и временных диаграмм. Любые качания обнаруживаются быстро и гарантировано. Область, над которой осуществляется контроль, может быть легко адаптирована под текущую ситуацию по параметрам времени, географии и солержания.
- Оценка демпфирования качаний мощности
 Функция «Идентификация качания мощности» (доступна
 начиная с версии V2.1) помогает обнаружить зарождающееся
 качание и определить соответствующее демпфирование. Об
 обнаружении качаний мощности и, если имело место, их недо статочном демпфировании или отсутствии такового сигнализи руется сообщением (список аварийных сообщений).

6.4 Качество электроэнергии и измерения

- Мониторинг нагрузки транзитов
- Для отображения кратковременных нагрузок на транзитные линии особенно подходит кривая стабильности напряжения.
 Измеряемая в настоящий момент рабочая точка отображается на рабочей кривой линии (напряжение как функция переданной мощности). За счет этого в любой момент можно отобразить оставшийся резерв. Для этого на обоих концах линии должны находиться блоки PMU.

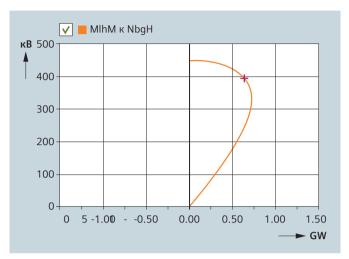


Рис. 6.4-35: Стабильность напряжения

- Обнаружение деления сети Эта функция автоматически информирует о том, что часть сети отделилась от остальной. Для этой цели могут автоматически контролироваться разность частот и скорость изменения частоты. При обнаружении случаев деления сети выводятся предупреждающие сообщения и сообщения о событиях.
- Ретроспективный анализ событий SIGUARD PDP идеально подходит для анализа критических событий в сети. После переключения в режим офлайн можно систематически проанализировать весь архив событий и проиграть события столько раз, сколько потребуется. Это позволяет сделать прозрачными динамические события, а также быстро и точно составлять отчеты. Нужно просто скопировать информационные диаграммы из SIGUARD PDP в отчет.

11:09:52	2010	Обнаружение деления сети	ISD потенциальное деление на подсети	появление
11:09:52	2010	Обнаружение деления сети	ISD деление на подсети	появление
11:09:52	2010	Обнаружение деления сети	ISD потенциальное деление на подсети	исчезновение

- Предупреждение относительно нарушения предельного значения с занесением в список аварийных сообщений и изменением цвета на географической карте обзора сети. Это позволяет быстро определить месторасположение и причину нарушения. Эта функция также доступна и при анализе архива.
- Отображение состояния энергосистемы как характеристической величины стабильности системы. Благодаря постоянному отображению кривой состояния энергосистемы в верхней части экрана, оператор всегда имеет информацию о трендах динамического изменения параметров энергосистемы и имеющихся резервах. Эта кривая отображает средневзвешенное значение расстояний всех измеренных величин до их пороговых значений.

Подробная информация www.siemens.com/powerquality

Для дополнительной информации, глава 6:

www.siemens.com/protection www.siemens.com/sicam www.siemens.com/powerquality

6.5 Защита и коммуникация подстанций

6.5.1 Обзор МЭК 61850

Со времени опубликования в 2004 году, коммуникационный стандарт МЭК 61850 приобрел большую значимость в области автоматизации подстанций. Он обеспечивает эффективное соответствие нуждам открытого, гибкого рынка электроэнергетики, который требует как надежности системы, так и максимально гибкую технологию - достаточно гибкую для решения новых задач следующих двадцати лет. МЭК 61850 не только перенял тенденции коммуникационных технологий сектора офисных сетей, он также адаптирован к лучшим имеющимся протоколам и конфигурациям для высокой функциональности и надежной передачи данных. Промышленный Ethernet, характеристики которого были улучшены для применения в условиях подстанций и который обеспечивает скорость передачи данных в 100 Мбит/с, предлагает пропускную способность, достаточную для гарантирования надежного информационного обмена между IED (Интеллекутальными Электронными Устройствами), а также надежные коммуникации от IED до контроллера подстанции.

Разрешающая способность существующей шины процесса предлагает стандартный способ для подключения как традиционных, так и интеллектуальных тансформаторов тока (ТТ) и трансформаторов напряжения (ТН) к устройству защиты в цифровой форме. Являясь больше, чем просто протоколом, МЭК 61850 также обеспечивает преимущества в области проектирования и эксплуатации, особенно в части объединения устройств разных производителей.

Ключевые особенности МЭК 61850

В текущей редакции стандарт включает части, описывающие требования, необходимые в коммуникациях подстанций, а также части, описывающие сами спецификации.

Спецификации структурированы следующим образом:

- Объектно-ориентированная и связанная с конкретным применением модель данных, сосредоточенная на автоматизации подстанций.
- Эта модель включает типы объектов, представляющих почти все существующее оборудование и функции подстанции выключатели, функции защиты, трансформаторы тока и напряжения, аварийные записи и многое другое.
- Коммуникационные службы обеспечивают многочисленные методы для обмена информацией. Эти службы охватывают представление отчетов и запись событий, управление переключениями и функционированием, получение информации от модели данных.
- Коммуникации «точка-точка» для быстрого обмена данными между устройствами уровня питающих линий (устройства защиты и контроллеры присоединений) поддерживаются посредством GOOSE (Общее Объектно-ориентированное Событие Подстанции).
- Поддержка обмена дискретизированными значениями.
- Передача файлов для регистрации неисправностей.
- Коммуникационные службы для подключения первичного оборудования, такого как измерительные преобразователи к передаче сигналов.
- Развязывание модели данных и коммуникационных служб от специфических коммуникационных технологий.
- Эта технологическая независимость гарантирует долговременную стабильность для модели данных и открывает возможность переключения на последующие коммуникационные технологии. Сегодня стандарт использует Industrial Ethernet со следующими значимыми характеристиками:
 - пропускная способность 100 Мбит/с

- неблокируемая переключающая технология
- маркировка по приоритетам для важных сообщений
- Синхронизация времени
- Общий формальный код описания, который позволяет стандартизировать представление модели данных системы и ее связь с коммуникационными службами.
- Этот код, называемый SCL (Язык Описания Конфигурации Подстанции), покрывает все коммуникационные аспекты, относящиеся к МЭК 61850. Основанный на XML, этот код является идеальным электронным форматом обмена для конфигурационных данных.
- Стандартизированный тест на соотвествие, который гарантирует возможность взаимодействия между устройствами. Устройства должны пройти многочисленные тесты: положительные тесты для правильного ответа на стимуляционные телеграммы, плюс ряд отрицательных тестов на игнорирование некорректной информации
- МЭК 61850 предлагает полный набор спецификаций, покрывающих все коммуникационные спорные вопросы внутри подстанции
- Поддержка обеих редакций стандарта МЭК 61850 и всех технических выпусков.

6.5.2 Основные коммуникационные структуры для систем автоматизации подстанций и защит

SIPROTEC - связь устройств защиты и контроллеров присоединений

Коммуникационные интерфейсы устройств защиты становятся все более важными для эффективной и экономически выгодной эксплуатации сетей и подстанций.

Интерфейсы могут быть использованы для:

 Подключения к устройствам защиты с ПК, используя программное обеспечение DIGSI, для конфигурирования, доступа к различным данным.

Возможен удаленный доступ по модему или Ethernet-модему через сервисный последовательный порт реле. Это позволяет удаленно обращаться ко всем данным устройства защиты.

Используя удаленные коммуникационные функции DIGSI, возможно обращаться к реле, например, из офиса по телефонной сети (рис. 6.5-1). Например, журнал ошибок может быть переслан в офис и DIGSI может быть использована для его оценки.

 Интеграции реле в системы управления с протоколом МЭК 60870-5- 103, PROFIBUS DP, DNP 3.0 и MODBUS.

Новый стандартизированный протоколами МЭК 61850 (раздел 8.3.1) доступен с октября 2004 года, и Siemens с его терминалами SIPROTEC был первым мировым производителем, обеспечившим этот стандарт.

- Благодаря стандартизированным интерфейсам МЭК 61850, МЭК 60870-5-103, DNP 3.0 (последовательный или over IP), MODBUS, PROFIBUS DP, терминалы SIPROTEC могут также быть интегрированы в системы управления других производителей или в системы автоматизации SIMATIC S5/S7. Доступны электрический RS485 или оптический интерфейсы. Благодаря опто-электрическим преобразователям, может быть выбрана оптимальная физическая среда передачи данных. Таким образом, шина RS485 обеспечивает бюджетный монтаж кабелей в шкафах, и может быть установлено свободное от помех оптическое соединение с ведущим устройством.
- Коммуникации «точка-точка» дифференциальных реле и дистанционных реле (раздел 8.4.2.) используются для обмена данными защит в реальном времени по волоконнооптическим кабелям, коммуникационной сети, телефонным сетям или аналоговым контрольным проводам.

6.5 Защита и коммуникация подстанций

Системы с SICAM, основанные на Ethernet

SIPROTEC приспособлен для использования с системой автоматизации электроснабжения SICAM вместе с протоколом МЭК 61850. Устройства соединяются с станционным устройством SICAM оптически или электрически через шину Ethernet 100 Мбит/с. Соединение может быть простым или резервированным. Интерфейс стандартизирован, что позволяет реализовать прямое соединение устройств от других производителей к локальной сети (LAN). Устройства с интерфейсом МЭК 60870-5-103 или другим последовательным протоколом могут быть подключены через станционную шину Ethernet к SICAM посредством последовательных и Ethernet-интерфейсов. DIGSI и Web monitor могут также быть использованы по одной и той же шине станции. Вместе с Ethernet/MЭК 61850 может быть обеспечено свободное от помех оптическое соединение. Оптические модули Ethernet имеют встроенный коммутатор, что позволяет избежать использования дорогостояших внешних коммутаторов. Реле включены в оптическую кольцевую структуру (рис. 6.5-2).

Дополнительные коммуникационные опции для IED-соединения Кроме поддержки МЭК 61850, современные системы автоматизации подстанций, такие как SICAM, также поддерживают подключение Интеллектуальных Электронных Устройств (IED) с протоколами других стандартов, такими как хорошо известный стандарт МЭК 60870-5-103 для реле защит, DNP3 (последовательный или over IP), PROFIBUS DP и MODBUS.

Устройства, поддерживающие коммуникации по последовательному протоколу, могут быть надежно подключены напрямую к контроллеру подстанции SICAM PAS. Кроме того, также возможно использование локальной сети (LAN) для магистральных коммуникаций по всей подстанции, подключая каждое устройство с последовательным интерфейсом децентрализованным способом через разветвитель последовательного интерфейса.

Дополнительно, также возможно подключать подчиненные подстанции и удаленные терминалы (RTU), используя стандарты протоколов МЭК 60870-5-101 (последовательные коммуникации) и МЭК 60870-5-104 (TCP/IP)

Особенно для связи с малыми RTU, коммутируемые (dial-up) соединения могут быть установлены, опираясь на стандарт МЭК 60870-5-101.

Дополнительные характеристики ТСР/ІР-коммуникаций

Кроме традиционных протоколов, упоминавшихся для обмена данными с IED, в мире Ethernet-коммуникаций также важно знать состояние устройств коммуникационной инфраструктуры, таких как коммутаторы. В этом контексте, очень полезен протокол SNMP (Simple Network Management Protocol - Простой Протокол Сетевого Управления). SICAM PAS поддерживает этот протокол, тем самым предоставляя иноформацию о состоянии, например, в центр управления, не только для IED и контроллеров подстанций, но также для Ethernet-коммутаторов и других «SNMP-устройств».

Другой коммуникационный протокол, хорошо известный в сфере промышленной автоматизации, также необходим для приложений систем автоматизации подстанций: OPC (OLE for Process Control - технология OLE для Управления Производственным Процессом, см. также Коммуникации Центра Управления) Также с OPC возможны дополнительные, способные к взаимодействию решения, особенно для обмена данными с устройствами и приложениями промышленной автоматизации. SICAM PAS поддерживает работу как в качестве OPC-сервера, так и в качестве OPC-клиента.

Способ связи терминалов защит и/или контроллеров присоединений с уровнем станции выбирается в соответствии с размером и важностью подстанции. Несмотря на то, что последовательные



Рис. 6.5-1: Базовые коммуникации с удаленным реле



Рис. 6.5-2: Системы с SICAM, основанные на Ethernet

соединения по стандарту МЭК 60870-5-103 являются наиболее экономически выгодным решением для малых распределительных подстанций (только среднего напряжения), технология Ethernet в сочетании с МЭК 61850 обычно используется для важных подстанций высокого и сверхвысокого напряжения. Дополнительно, есть множество разных физических проектных решений, основанных на местных условиях, таких как расположение кабельных трасс и расстояния, и на требованиях в показателях надежности и действии ЭМС.

Простейшая версия - это система соединений последовательной шины в соответствии с RS 485, в которой полевые устройства электрически подключены к ведущему интерфейсу центрального блока SICAM (рис. 6.5-3). Эта схема соединений особенно рекомендуется в новых установках. Особое внимание следует уделить

6.5 Защита и коммуникация подстанций

правильному подходу к заземлению, и также возможному влиянию на ЭМС основной технологии или кабелей питания. Необходимой основой для этого являются отдельные кабельные магистрали для питающих кабелей и коммуникаций. Уменьшение количества полевых устройств, подключенных к одному мастеру, до 16 - 20 рекомендуется для обеспечения возможности сделать адекватным использование пропускной способности передачи данных.

Звездообразная конфигурация подключений достаточно проста в обращении и может быть или в форме электрических подключений посредством RS 232 или в форме оптоволокна. Число подчиненных устройств на одно ведущее устройство должно быть ограничено, как и в предыдущем случае (рис. 6.5-4).

Волоконнооптическое кольцо может быть образовано несколькими коммутаторами. Это рекомендуется, если часть устройств должна быть подключена к одному коммутатору (рис. 6.5.-6).

В более экономически выгодным решением является волоконнооптическое кольцо с реле SIPROTEC, потому что эти устройства имеют встроенный коммутатор (рис. 6.5-7). В этом примене-

ми кабельных трасс (рис. 6.5-5).

Конфигурации с Ethernet похожи, доступны звездообразная и

нии должно использоваться соответствующее устройство от

RuggedCom в качестве центрального коммутатора, что обеспечит

кольцевая версии. Варианты с резервированием завершают эти конфигурации. Звездообразная конфигурация особо рекоменду-

ется для централизованных размещений с короткими дистанция-

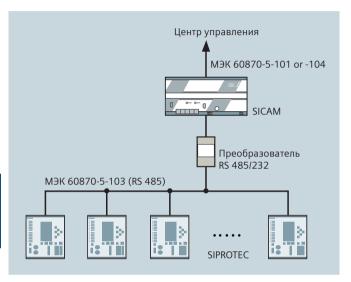


Рис. 6.5-3: Монтаж последовательной шины в соответствии с RS 485

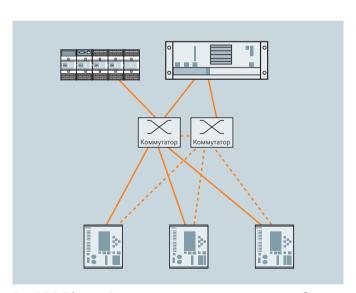
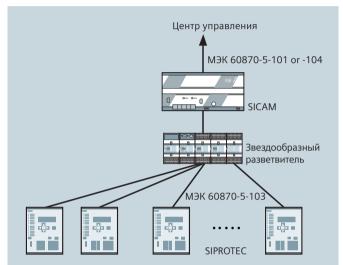


Рис. 6.5-5: Ethernet: Электрическая или оптическая звездообразная конфигурация



 $\it Puc.~6.5$ -4: Подключение по топологии «звезда» в соответствии с RS 232 или по волоконнооптическому кабелю

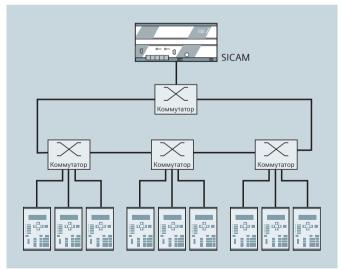


Рис. 6.5-6: Ethernet: Оптическое кольцо с внешними коммутаторами

минимальные временные промежутки на переключение в случае неисправности кольца. Число устройств в кольце ограничено 27.

Отдельные кольца могут объединяться в основе этой фундаментальной структуры, например одно на уровень напряжения. Обычно эти кольца объединяются для формирования кольца более высокого уровня, которое затем связывается с резервированными устройствами станции. Этот вариант предлагает наивысшую надежность для коммуникаций внутри станции (рис. 6.5-8).

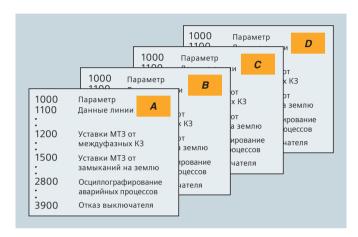


Рис. 6.5-7: Оптическое кольцо со встроенными коммутаторами



Рис. 6.5-8: Комбинация нескольких колец предлагает наивысшую надежность

6.5.3 Разнообразные коммуникационные опции SIPROTEC 5

Модульная конструкция устройств серии SIPROTEC 5 обеспечивает согласованность и целостность всех функциональных возможностей серии устройств.

Мощные и гибкие коммуникации являются предпосылкой для распределенных и периферийных систем. В системе SIPROTEC 5 это центральный элемент системной архитектуры, позволяющий удовлетворить широкий спектр коммуникационных требований, при обеспечении предельной гибкости. Рис. 6.5-11 показывает возможную аппаратную конфигурацию, оборудованную 4 коммуникационными модулями. Рис. 6.5-12 показывает модуль расширения CB202 с тремя слотами для дополнительных модулей. Два из этих слота, могут быть использованы для коммуникационных приложений.

Обеспечивая гибкость аппаратного и программного обеспечения, SIPROTEC 5 представляет следующие системные свойства:

- Адаптация к топологии желаемой коммуникационной структуры, такой как кольцевая или звездообразная конфигурации
- Масштабируемые возможности резервирования в аппаратной и программной областях (протоколы)
- Множество коммуникационных каналов к различным системам высших порядков
- Дополнительные коммуникационные модули, с возможностью модификации
- Аппаратное обеспечение модуля является независимым от используемого коммуникационного протокола
- 2 независимых протокола на модуле последовательной связи
- Доступно до 8 интерфейсов
- Обмен данными через МЭК 61850 для максимум 6 клиентов, с использованием модуля Ethernet или встроенного интерфейса Ethernet.



Рис. 6.5-11: Устройство SIPROTEC 5 с 4 коммуникационными модулями



Рис. 6.5-12: CB202: блоки расширения с коммуникационными модулями и входным аналоговым модулем

РЗА подстанций, качество электроэнергии и измерения

6.5 Защита и коммуникация подстанций

Примеры коммуникаций с использованием SIPROTEC 5

независимо от требуемого протокола, используемая коммуникационная технология позволяет реализовывать резервированные соединения, адаптированные под требования пользователей. Базово они могут быть разделены на Ethernet и последовательную коммуникационные технологии.

Протоколы

- Последовательные протоколы
- Ethernet-протоколы

Могут быть внедрены различные степени резервирования протоколов. 4 слота для вставных модулей ограничивают число независимого параллельного использования протоколов Для последовательных протоколов обычно используется 1 или 2 ведущих устройства.

Последовательные протоколы

Резервированные или различные протоколы доступны в устройстве для одновременной работы, например, DNP 3 и МЭК 60870-5-103.

Два последовательных протокола могут работать на двойном модуле (рис. 8.4-13). Не имеет значения в этом контексте, будут ли это два протокола одного типа или два различных протокола.

Коммуникационное аппаратное обеспечение не зависит от требуемого протокола. Этот протокол определяется в процессе параметризации с помощью DIGSI 5.

Ethernet-протоколы

В устройство могут быть вставлены один или несколько модулей Ethernet. Это позволяет применять в работе идентичные или разные протоколы во множестве вариантов. С МЭК 61850 или DNP3 TCP возможны множественные сети, но они также могут эксплуатироваться в общей сети Ethernet. Модуль обеспечивает применение протокола МЭК 61850, например, для обмена данными между устройствами используя GOOSE-сообщения. Другой модуль отвечает за клиент-серверные коммуникации по протоколу DNP TCP. Клиент-серверная архитектура МЭК 61850 позволяет одному серверу (устройству) посылать отчеты максимум 6 клиентам одновременно. В этом случае используется только одна сеть.



Рис. 6.5-13: Сдвоенный оптический модуль последовательного интерфейса



Рис. 6.5-14: **Оптический Ethernet-модуль**

РЗА подстанций, качество электроэнергии и измерения

6.5 Защита и коммуникация подстанций

Примеры

Резервирование для систем автоматизации подстанций

- 2 резервированные системы автоматизации подстанций
- 2 различные системы автоматизации подстанций

Пример 1: Две резервированные системы автоматизации подстанций

Рис. 6.5-15 показывает вид последовательной оптической сети, которая подключает интерфейсы последовательного протокола устройства к одному ведущему устройству соответственно. Передача производится в многоточечной конфигурации топологии «звезда» и по помехозащищеному оптоволокну.

Для протокола МЭК 60870-5-103 устройство поддерживает особые процедуры резервирования. Например, первичное ведущее устройство может находится в процессе конфигурирования, тогда управление переходит ко вторичному ведущему устройству. Существующий образ процесса передается обоим ведущим устройствам. Рис. 6.5-16 описывает полностью резервированное решение, основанное на стандарте МЭК 61850. 2 коммуникационных Ethernet-модуля вставлены в каждое устройство SIPROTEC 5. 2 резервированных волоконно-оптических кольца устанавливаются в соответствии со значениями переключателей, интегрированных в модуль и подключенных к резервированным клиентам (системы автоматизации подстанций). И наоборот, резервированные коммуникации МЭК 61850 могут также совершаться через общее оптическое кольцо.

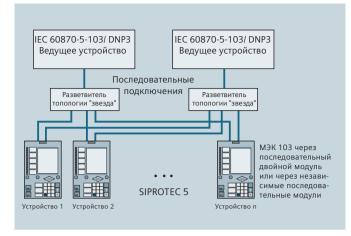


Рис. 6.5-15: Резервированные коммуникации МЭК 60870-5-103 или DNP 3

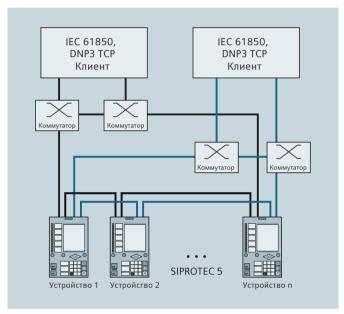


Рис. 6.5-16: Резервированные коммуникации к двум клиентам МЭК 61850 или DNP3 TCP

Пример 2: Две системы автоматизации подстанций с разными протоколами

Поскольку, как последовательные протоколы, так и протоколы, базируемые на Ethernet, определяются только в процессе параметрирования, конфигурация, описанная выше, может также применяться с использованием смешанных протоколов. Особо интересен случай реализации, когда разные центры управления подключены по разным протоколам. Это могут быть, например, центр управления системой передачи электроэнергии и центр управления распределительной системой. Рис. 6.5-17 и рис. 6.5-18 показывают возможные комбинации.

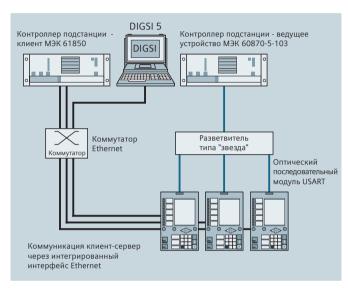


Рис. 6.5-17: Коммуникации с клиентом МЭК 61850 и последовательное соединение с ведущим устройством МЭК 61870-5-103

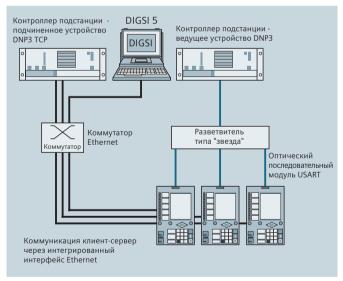


Рис. 6.5-18: Коммуникации с подчиненным устройством DNP3 TCP и последовательное подключение к ведущему устройству DNP3

Множественные шины подстанций

Ethernet-сети уровня подстанции все более широко используются на практике в современных системах автоматизации. Эти сети транспортируют оба коммуникационных сервиса к центральному машинному контроллеру подстанции и сигналы между устройствами уровня ячейки. Обычно, отдельная подсистема Ethernet не устанавливается для этой цели, так как пропускная способность современных сетей Ethernet достаточна для полноценного обмена данными.

Путем использования различных коммуникационных модулей и протоколов в SIPROTEC 5 сейчас стало возможным устанавливать отдельные подсистемы и производить разделение по сферам применения. Например, отдельная шина для сигналов процесса (GOOSE) может быть внедрена на уровне ячейки, и отдельная шина - для центрального компьютера подстанции (см. рис. 6.5-19 (2 шины на подстанции)).

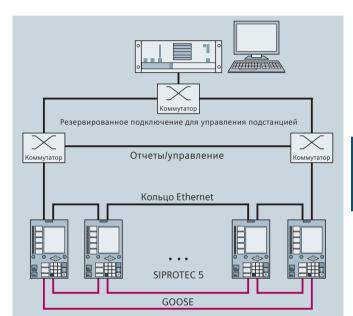


Рис. 6.5-19: Отдельные шины для передачи отчетов и GOOSEкоммуникаций

6.5.4 Протоколы резервирования сети

Современная конфигурация сети подстанции - RSTP. Электрические и оптические модули Ethernet устройств SIPROTEC поддерживают различные сетевые топологии независимо от выбранного протокола (МЭК 61850 или DNP TCP).

Если модуль работает с двойным самовосстанавливающимся резервированием (без встроенного коммутатора), он может быть подключен к внешним коммутаторам с простой или резервированной конфигурацией. В одно и то же время, только один интерфейс обрабатывает приложения протокола (например, МЭК 61850) конкретно для этого случая. Второй интерфейс работает в дежурном режиме (горячий резерв), и контролирует подключение к коммутатору. Если интерфейс, который обрабатывает информационный обмен по протоколу, выходит из строя, активируется резервный интерфейс в течение нескольких миллисекунд и принимает на себя работу) - (рис. 6.5.-20).

С активацией встроенного коммутатора, устройства SIPROTEC могут быть интегрированы напрямую в оптическое коммуникационное кольцо, состоящее максимум из 40 устройств (рис. 6.5-21) В этом случае, оба интерфейса модуля выполняют посылку и прием данных одновременно. Технология кольцевого резервирования Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) обеспечивает короткие промежутки времени переключения, в случае нарушения коммуникации, позволяя приложениям протокола продолжить работу непрерывно. Эта конфигурация независима от приложения протокола, выполняемого в модуле Ethernet.

Сегодня более чем 250000 устройств Siemens в более чем 3000 подстанциях работают по всему миру в станциях с RSTP. В случае повреждений кольца, RSTP переконфигурирует коммуникацию за короткий промежуток времени, и обеспечит безопасную работу подстанции.

Сплошное резервирование PRP и HSR

Новые технологии сводят практически к нулю время на переконфигурирование коммуникационных сетей в случае повреждений. Этими технологиями являются:

- PRP = Протокол Параллельного Резервирования (Parallel Redundancy Protocol)
- HSR = Сплошное Кольцевое Резервирование Повышенной Готовности (High Available Seamless Ring Redundancy)

Обе системы построены по одному и тому же принципу и определены в МЭК 62439-3.

Одна и та же информация (кадр Ethernet) посылается двумя путями. Получатель (ресивер) берет первый кадр, который ему приходит и отбрасывает следующий. Если первый кадр не проходит по каким-либо критериям, то второй все еще доступен и может быть использован. Механизм базируется глубоко в стеке Ethernet, и подразумевает один МАС и один IP-адрес для обоих.

- PRP использует две независимые системы Ethernet. Это означает двойное количество сетевого оборудования и соответственно стоимость, но он простой.
- HSR использует тот же принцип, но в одной Ethernet-сети с кольцевой конфигурацией. Одна и та же информация (кадр Ethernet) будет посылаться в двух направлениях в кольце, и получатель берет ее с двух сторон кольца. Это подразумевает несколько большую нагрузку на устройства, но экономит расходы на вторую сеть Ethernet.



Рис. 6.5-20: Резервированное или одинарное подключение типа «звезда» к внешним коммутаторам (двойное самовосстанавливающееся резервирование)



Рис. 6.5-21: Функционирование с использованием встроенного коммутатора и кольцевым резервированием

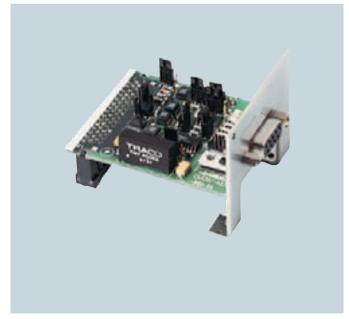


Рис. 6.5-22: Пример RSTP-решения

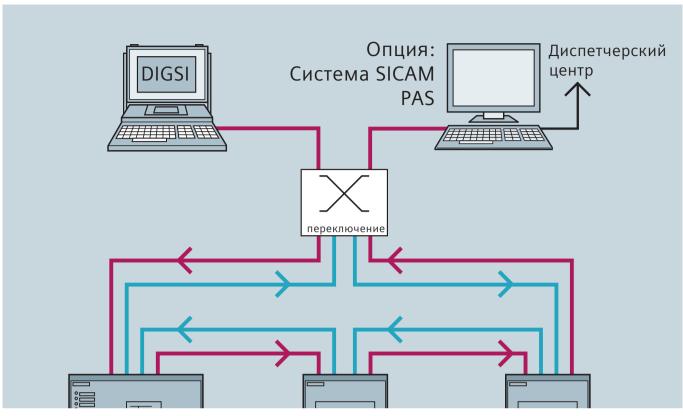


Рис. 6.5-23: Сплошное резервирование с использованием только PRP

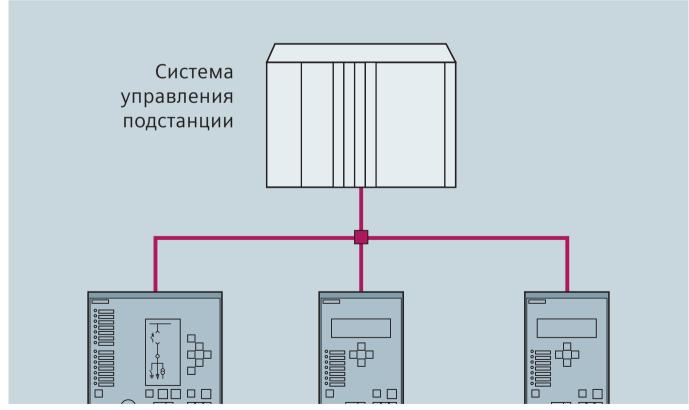


Рис. 6.5-24: Сплошное резервирование с использованием комбинации PRP/HSR

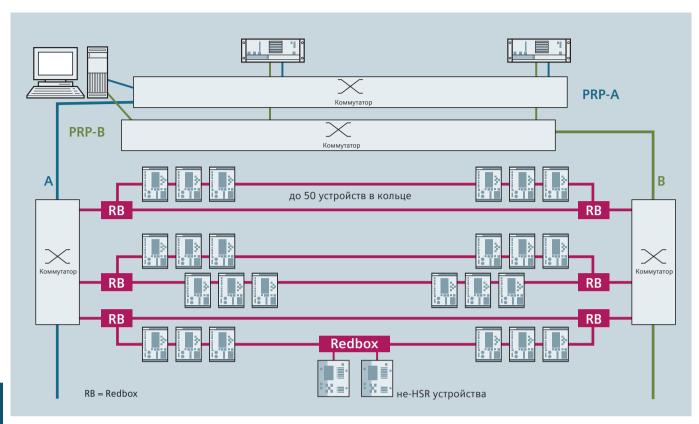


Рис. 6.5-25: Наиболее экономически эффективная сплошная n-1 структура

HSR и PRP могут комбинироваться с помощью так называемых RedBox (Резервированных Блоков - Redundancy Boxes).

Рис. с 6.5-23 по 6.5-25 показывают некоторые примеры конфигураций PRP и HSR.

Это экономически выгодное решение на рис. 6.5-25 может быть достигнуто с помощью:

- 2 коммутаторов в комнате управления
- 2 коммутаторов в полевых условиях
- 2 блоков Redbox (RB) на кольцо HSR
- До 50 устройств на кольцо HSR
- Легкое расширение с помощью 2 дополнительных PRP-коммутаторов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Siemens предлагает резервированные решения
 - Резервированная двойная связь
 - RSTP
 - PRP (сплошной)
 - HSR (сплошной)
- Двойная связь и RSTP Авторитетная и доказанная полевая технология
- PRP: Высокий уровень резервирования благодаря двойному сетевому решению
- HSR: Высокий уровень резервирования благодаря экономически выгодной кольцевой сетевой структуре. Возможны комбинации с сетью PRP.
- Пакет сплошного резервирования среды передачи данных Ethernet от Siemens Siemens Seamless Ethernet Media Redundancy Suite: SICAM PAS, SIPROTEC и Redbox
- SIPROTEC с интегрированными коммутаторами RSTP/PRP/HSR
- Решения Siemens представляют значительное преимущество для пользователя в плане функциональности.

6.5.5 Связь между подстанциями с использованием интерфейсов данных средств защиты

SIPROTEC 4 - дифференциальная и дистанционная защита

Типичные области применения дифференциальной и дистанционной защиты показаны на рис. 6.5-26. Терминал дифференциальной защиты подключен к трансформаторам тока и трансформаторам напряжения на одном конце кабеля, и только токи необходимы для работы функции дифференциальной защиты. Прямое подключение к другим терминалам совершается по одномодовым волоконнооптическим кабелям и поэтому невосприимчиво к помехам. Различные коммуникационные модули доступны для разных коммуникационных сред. В случае прямого подключения по волоконнооптическим кабелям, обмен данными осуществляется на 512 кбит/с и время передачи сигнала от терминала защиты снижено до 15 мс.



Рис. 6.5-26: Интерфейс передачи данных защиты с использованием прямого волоконнооптического подключения



Рис. 6.5-27: Интерфейс передачи данных защиты с использованием цифровых коммуникационных сетей

SIPROTEC 4 предлагает множество характеристик для надежной и безопасной реализации обмена данными по коммуникационным сетям В зависимости от доступной пропускной способности может быть выбран коммуникационный преобразователь для G703-64 кбит/с или X21-64/128/512 кбит/с. Для достижений большей коммуникационной скорости, доступен коммуникационный преобразователь с G703-E1 (2048 кбит/с) или G703-T1 (1554 кбит/с).

Телезащита с использованием интерфейса передачи данных защиты

Схемы телезащиты могут быть реализованы с использованием цифровых последовательных коммуникаций. Дистанционная защита SIPROTEC 7SA6 допускает коммуникацию с удаленным терминалом через прямые связи или мультиплексированные цифровые коммуникационные сети. Связь по мультиплексированным коммуникационным сетям осуществляется через отдельные преобразователи (7XV5662), Они имеют волоконнооптический интерфейс к терминалу защиты с длиной волны 820 нм и ST-коннекторами. Связь по коммуникационным сетям опционально осуществляется через электрический X21 или G703.1 интерфейс (рис. 6.5-27).

SIPROTEC 5 - передача данных через интерфейс защиты

Топология защиты и интерфейс защиты обеспечивают обмен данными между устройствами через синхронные последовательные связи типа точка-точка со скоростью от 64 кбит/с до 2 Мбит/с. Эти связи могут быть установлены напрямую по оптоволокну или по другой коммуникационной среде, например, по выделенным линиям или коммуникационным сетям.

Топология защиты включает от 2 до 6 устройств, которые обмениваются информацией по типу «точка-точка» через коммуникационные линии связи. Топлогия может быть построена как резервированное кольцо или как цепная структура (см. рис. 6.5-20) и внутри самой топологии линии защиты могут иметь различную пропускную способность. В зависимости от пропускной способности, определенное количество двоичной информации и измеренные значения могут передаваться в обоих направлениях между устройствами. Это значение определяется подключением с наименьшей пропускной способностью. Пользователь может направлять информацию по определенному маршруту с помощью DIGSI 5.

Эта информация имеет следующие задачи:

- Данные топологии и значения передаются для мониторинга и тестирования линии связи.
- Передаются данные защиты, например, данные дифференциальной защиты или данные сравнения направлений мощностей дистанционной защиты.
- Синхронизацию устройств по времени можно осуществить через соединение, в этом случае устройство топологии защиты принимает на себя роль главного синхронизирующего устройства.
- Связь постоянно контролируется на предмет ошибок в данных и их повреждений, а также измеряется время передачи данных.

Линии связи защиты, интегрированные в устройство, ранее уже использовались для дифференциальной защиты (рис. 6-5.26) и для телезащиты в дистанционной защите. В дополнение к этим прикладным задачам защиты, вы можете конфигурировать линии связи защиты во всех устройствах SIPROTEC 5. В то же самое время, между устройствами может передаваться любая двоичная информация и измеренные значения. Для этого могут быть использованы даже подключения с низкой пропускной способностью, например,

Использование линии связи защиты для удаленного доступа с DIGSI 5

Доступ с помощью DIGSI 5 к устройствам на удаленных концах возможен через интерфейс защиты. Это позволяет удаленно параметрировать и получать информацию с использованием существующего коммуникационного подключения.

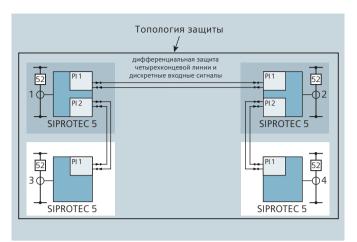


Рис. 6-5.28: Коммуникации защиты для дифференциальной защиты и передача дискретных сигналов

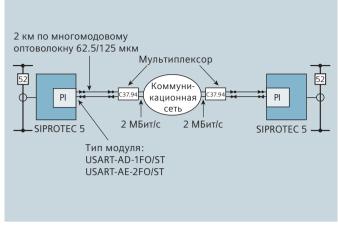


Рис. 6-5.31: Коммуникации защиты по интерфейсу IEEE C37.94 (2 Мбит/с) - прямое волоконнооптическое подключение к мультиплексору

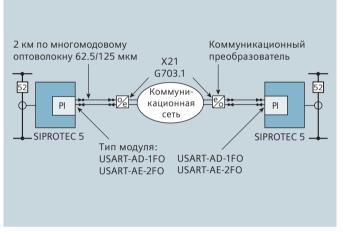


Рис. 6-5.29: Коммуникации защиты через коммуникационную сеть с интерфейсом X21 или G703.1 (64 кбит/с), G703.6 (2 Мбит)

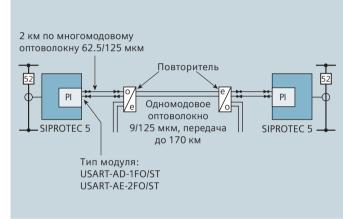


Рис. 6-5.32: Коммуникации защиты по одномодовому волокну и через повторители

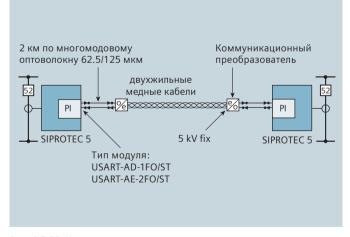


Рис. 6-5.30: Коммуникации защиты по медному подключению

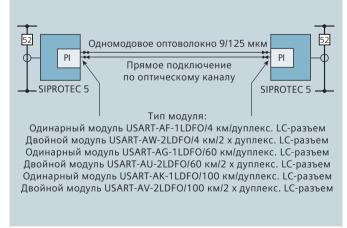


Рис. 6-5.33: Коммуникации защиты по прямым волоконнооптическим подключениям

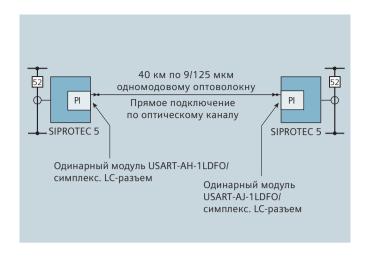


Рис. 6-5.34: Коммуникации защиты по одномодовому волокну

Рис. 6-5.28 до 6-5.34 показывают возможные варианты для установления коммуникаций защиты.

6.5.6 Требования для удаленной передачи данных

В принципе, автоматизация и удаленных терминалов (RTUs), и станции является очень гибко адаптируемой под любые коммуникационные каналы, доступные пользователю.

- Мелкие подстанции обычно ассоциируются с малыми объемами данных и плохой доступностью коммуникационных каналов. Поэтому, часто используются модемы коммутируемой связи (dial-up), а также радиосвязь (если нет доступных линий связи) или PLC-коммуникации. Иногда, даже GPRS-коммуникации являются альтернативой, в зависимости от доступности провайдера. Протоколы также зависят от возможностей центра управления, но, в основном, основываются на международных стандартах, таких как МЭК 60870-5-101 (последовательные) и МЭК 60870-5-104 (Ethernet), DNP 3.0 также используется в некоторых местах (последовательный либо поверх ТСР/IP). Некоторые мелкие подстанции не нуждаются в постоянном онлайн-подключении. Они могут быть сконфигурированы на случайные вызовы, или локально, или путем опрашивания из центра управления.
- Средние по мощности подстанции, как правило, подключены по коммуникационным кабелям и оптоволокну с последовательными линиями связи от одного конца до другого. Последовательные линии связи со скоростью передачи 1200 бод или выше, являются достаточными для МЭК -101 или DNP. Иногда, необходимы множественные линии связи к различным центрам управления, тогда как резервированные коммуникационные линии связи зарезервированы только для важных подстанций. В линиях связи, с тенденцией к увеличению пропускной способности, все больше и больше используется технология WAN.
- Крупные подстанции, особенно уровня передачи электроэнергии, могут, как и раньше, иметь последовательные линии
 связи, но с большими скоростями передачи информации. В
 любом случае, здесь присутствует тенденция к расширению
 зоны сетей, использующих Ethernet. Для МЭК -104 или похожих протоколов, необходимо брать в расчет скорость не менее
 64 кбит/с. Если необходимо обмениваться большими объемами
 данных и предоставлять дополнительные услуги (например,
 голосовую связь по IP, передачу видео по IP), подключение
 должно иметь большую пропускную способность (64 кбит/с <
 пропускная способность ≤ 2048 кбит/с).





7.1	Принципы управления электроэнергией	410
7.1.1	Роль систем управления электросетями в управлении энергосистемой	410
7.1.2	Центры управления сетями в условиях дерегулируемого рынка электроэнергии	418
7.1.3	Общая информационная модель	421
7.1.4	ИТ-интеграция и сервис-ориентированная архитектура (SOA)	423
	apamenty pa (507)	723
7.2	Продукты и решения в области управления электроэнергией	426
7.2 7.2.1	Продукты и решения в области управления	
	Продукты и решения в области управления электроэнергией	426
7.2.1	Продукты и решения в области управления электроэнергией Системы управления Spectrum Power Система управления общей информационной	426 426

7.1 Принципы управления электроэнергией

Поддержание надежной поставки электроэнергии для потребителей представляет собой весьма сложный процесс, поскольку большая часть этой энергии не может быть сохранена, а от

дельные компоненты этого процесса, образуя так называемую электроэнергетическую систему, могут быть значительно удалены друг от друга географически. Цель управления производством, передачей и распределением электроэнергии, также именуемого как управление энергосистемой, состоит в контроле, управлении и оптимизации этого процесса в режиме реального времени. Основные функциональные возможности системы управления и сбора данных (SCADA), которая собирает и регистрирует значения и состояния с объектов энергосистемы через удаленные устройства телеметрии, позволяя операторам в центре управления контролировать энергосистему. Другие функции поддержки принятия решений дополняют эту систему, делая процесс управления безопасным и оптимальным (рис. 7.1 - 1).

7.1.1 Роль систем управления электросетями в управлении энергосистемой

История

Истоки управляющих и информационных технологий, используемых для управления энергосистемами, лежат в автоматизации электростанций. Основная цель тогда заключалась в повышении эксплуатационной надежности (рис. 7.1-2).

С увеличением числа электростанций и их взаимосвязей посредством магистральных сетей, простого регулирования частоты, также упоминаемого как контроль статизма генератора по частоте, стало недостаточно. Улучшение качества поставляемой электроэнергии, координация производства электроэнергии, включая контроль частоты вторичных сетей, и, позже, внешний обмен стали неизбежными и были оперативно реализованы в диспетчерских центрах управления.

До изобретения транзистора в 1947 году подавляющее большинство устройств защиты и управления, используемых в системах управления электроснабжением были электромеханическими. Изначально информация передавалась посредством реле и импульсных технологий, но с введением электроники стало возможным реализовывать все более эффективные средства передачи. В конце 1960-х с появлением первого компьютера, осуществлявшего управление технологическими процессами, появились первые компьютеризированные системы управления мощностью и частотой.



Рис. 7.1-1: Системы управления электроэнергией – обслуживают всю энергетическую цепочку, от генерации до потребления

7.1 Принципы управления электроэнергией



Рис. 7.1-2: Современный пользовательский интерфейс оператора системы управления большой мощности

Поскольку в 1970-х компьютеры стали более эффективными, распределительные устройства в сетях передачи также постепенно начинают контролироваться и автоматизироваться с помощью систем мониторинга и управления. В ответ на растущий спрос на системы управления сетями, ряд компаний приступил к разработке стандартизированных систем для этой области. Системы этого периода можно назвать системами управления сетями первого поколения.

Из-за недостаточных графических возможностей компьютерных терминалов в то время, компьютеры использовались главным образом для удаленного мониторинга автономных станций или для выполнения вычислений во вспомогательных операциях. Состояние сети визуально отображалось на больших коммутационных панелях или мозаичных стенах, которые также использовались для управления распределительными устройствами.

Только после того, как производительность графических дисплеев улучшилась, функции управления работой постепенно переводились на рабочие станции с дисплеями.

С ростом вычислительных мощностей в середине 70-х, также стало возможным использовать компьютеры для оптимизации процессов. С помощью программ оптимизации, которые первоначально запускались как пакетные задания, а позднее - в режиме реального времени, можно было, например, определить наиболее экономный режим работы гидроэлектростанций и тепловых электростанций. Эти программы также предоставляли метод экономической оценки обмена электроэнергией, которая позже стала основным требованием для торговли электроэнергией. С увеличением мощности компьютеров также дальнейшее развитие получили системы человеко-машинного интерфейса, что привело к повышению удобства для пользователя.

В середине 80-х системы управления энергосистемами, которые до сих пор ограничивались сетями передачи, начинают все чаще использоваться и в распределительных сетях. В ходе продолжающегося развития автоматизации в распределительных сетях, помимо функций мониторинга и управления в системы управления также были встроены дополнительные функции, например, управление работами и/или материалами.

Функции системы управления электросетями

С помощью систем управления сетью операторы могут получить информацию о состоянии сети, обычно в реальном времени, которую они используют как основу для оптимизации и контроля энергосистемой (рис. 7.1-3).

Информация, переданная системами автоматизации электростанций через системы телеуправления, должна собираться и обрабатываться в едином центре. Это реализуется посредством централизованных систем управления сетями, которые устанавливается в центрах управления энергосистемой или так называемых диспетчерских центрах.

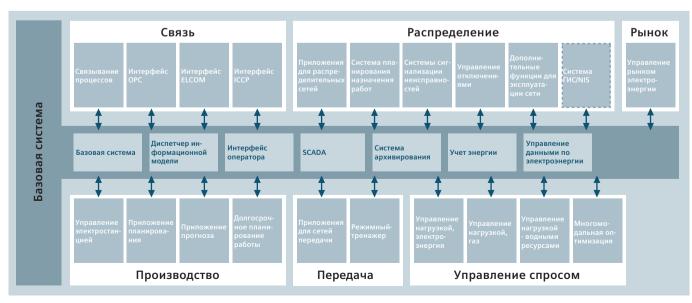


Рис. 7.1-3: Система управления электроэнергией – обзор компонентов

7.1 Принципы управления электроэнергией

Различают системы управления передачей электроэнергии (TMS) и системы управления распределением электроэнергии (DMS), в зависимости от типа управляемой сети (передающая или распределительная). До отмены государственного регулирования системы управления электроэнергией (EMS) использовались, в основном, для комплексного управления производством и передачей электроэнергии. После отмены государственного регулирования разделение этих двух функций привело к созданию систем управления производством электроэнергии (GMS) для независимого управления генерирующими мощностями.

Все типы систем управления сетями используют в качестве базовой платформы системы SCADA для диспетчерского управления и сбора данных, функционал которых расширяется дополнительными компонентами и приложениями. Ниже представлены наиболее важные компоненты систем управления сетями и области

. Программный продукт Spectrum Power™ предлагает вам полный спектр функций для построения систем управления производством, передачей и распределением электроэнергии, а также функций коммуникации, включая:

- Диспетчерское управление и сбор данных (SCADA).
- Ввод данных и их структурирование данных:
- Структурирование данных в соответствии со стандартом МЭК 61970, с использованием общей информационной модели (СІМ)
- Мощный графический редактор
- Параллельный инжиниринг данных с управлением задачами и функциями возврата к предыдущим состояниям
- Полнофункциональная онлайн активация данных
- Широкие коммуникационные возможности с поддержкой различных протоколов
- Управление техобслуживанием и аварийными отключения-
- Обработка отчетов об аварийных отключениях
- Планирование и мониторинг переключений
- Коррекция ошибок
- Функции для управления сетями передачи:
- Оценка состояния
- Расчет потокораспределения / токов короткого замыкания
- Анализ последствий аварий
- Функции для управления распределительными сетями:
- Изоляция аварий и восстановление энергоснабжения
- Расчет потокораспределения / токов короткого замыкания
- Экспертная система
- Функции для управление данными об электроэнергии
- Управление диспетчерским графиком
- Прогнозирование нагрузки / генерации
- Архивирование
- Составление отчетов
- Функции для управления нагрузкой
- Управление нагрузкой для электроэнергии и газа
- Управление нагрузкой для водоснабжения
- Функции для производства электроэнергии
- Автоматическое управление производством с регулированием частоты и активной мошности
- Приложения планирования

Обработка в реальном времени

Обработка данных в режиме реального времени Система SCADA реализует базовые функции управления сетью и предоставляет средства мониторинга и управления энергосистемой. Для этого вся информация, передаваемая от сети, собирается, проходит предварительную обработку и визуально отображается для поддержания осведомленности оператора о текущем состоянии энергосистемы. Оператор может также сохранять дополнительную информацию в системе или вносить исправления неверно измеренной или сообщенной информации, обеспечивая полноту текущего оперативного представления сети (рис. 7.1-4).

Основная цель предварительной обработки данных состоит в освобождении оператора от рутинной работы и предоставлении ему необходимой информации. К числу наиболее важных шагов предварительной обработки, которые следует упомянуть, относятся контроль пороговых значений и обработка аварийных сообщений. Это абсолютно необходимо, особенно в случае неисправностей, с тем, чтобы оператор смог быстро и точно определить причины и принять соответствующие ответные меры. Состояние элементов сети при обработке отображается заданным цветом (топологическая окраска сети) Для мониторинга сети используются изображения в целях более наглядного представления текущего состояния сети. В результате оператор может увидеть с одного взгляда, какие участки сети снабжаются энергией, и может идентифицировать любые перебои в поставках на текущий момент.

Еще одной важной функцией, выполняемой приложениями SCADA, является ведение оперативного журнала, в котором хронологически показывается история работы в текстовом виде. Записи в оперативном журнале могут быть вызваны событиями в энергосистеме, а также действиями операторов.

Для выполнения переключений в энергосистеме, например, отключение и заземление кабеля для безопасного выполнения техобслуживания, как правило, требуется выполнение последовательности отдельных команд. Поскольку процессы отключения такого типа должны заранее проверяться на реализуемость, система управления переключениями может помочь оператору в разработке и проверке необходимых коммутационных последовательностей. В ходе этого процесса коммутационные действия, совершаемые в среде моделирования, записываются и могут частично или полностью выполняться автоматически после положительной проверки и в среде реального времени.

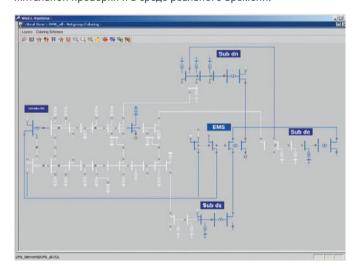


Рис. 7.1-4: Пример схемы сети энергосистемы

7.1 Принципы управления электроэнергией

Обработка данных и связь с центром управления

Технологические данные о состоянии оборудования передаются и регистрируются непосредственно из процесса. Также часто происходит обмен технологическими данными с другими центрами управления. Этот обмен информацией позволяет обеспечить наблюдения и контроля процесса на соседних участках сети.

Сегодня для передачи информации из локальных сетей наряду со старыми проприетарными протоколами передачи всё чаще используются стандартизированные протоколы МЭК 870-5-101 и 104. В стандарте ОРС (ОLЕ для управления технологическими процессами) также предоставлен метод технологической связи и средства коммуникации со средой автоматизации. Протокол коммуникации между центрами управления (Inter-Control Center Communication Protocol, ICCP), также известный как TASE2, сегодня стал основной формой обмена данными между центрами управления и соответствует стандарту МЭК 870-6.

Архивирование

Другой основной функцией системы управления является обработка архивных данных. Функция обработки архивных данных отвечает за циклический сбор, хранение и агрегацию данных. Архив также предлагает различные функции по сбору данных, которые позволяют группировать и выполнять дальнейшую обработку данных, полученных из базы данных в реальном времени. Результирующие значения, в свою очередь, хранятся в архиве. Кроме того, архивы также часто предоставляют дополнительные функции, например, формирование скользящего среднего или определение максимального и минимального значений, чтобы обработать значения в реальном времени, прежде чем они будут сохранены (рис. 7.1-5).

Расчетные функции архива обычно также включают функции для выполнения повторяющихся вычислений для данных, зависящих от времени. К примеру, к измеренным значениям могут применяться четыре основные операции. Эти расчеты могут осуществляться на нескольких уровнях, с расчетами на низком уровне, которые выполняются до начала вычислений на следующем, более высоком уровне. Типичное применение - суммирование производства электроэнергии, в целом и для каждого типа электростанции, или балансировка потребления энергии по регионам при различных групп потребителей.

Прогнозирование нагрузки

Для обеспечения надежного электроснабжения требуется прогноз потребления энергии (нагрузки) с течением времени. Методы прогнозирования основаны на регрессивном подходе, для среднесрочного планирования в диапазоне до одного года (планирование нагрузки) используется фильтрация Кальмана или нейронные сети. Для краткосрочного планирования, т.е. в диапазоне до одной недели, обычно используется шаблонный подход с параметрами для корректирования значений фактической нагрузки, данных о фактической погоде и т.д.

Планирование генерируемой мощности

Генерирующая компания обычно имеет портфель различных электростанций для генерации электроэнергии. Планирование генерируемой мощности производится одновременно с экономической оптимизацией генерации мощности, необходимой согласно прогнозу нагрузки , прогнозу рыночной цены и контракты, принимая во внимание особенности различных электростанций в портфеле (расходы на топливо, затраты времени и ресурсов на запуск и останов время, а также скорость изменения мощности) для создания графика производства всех генерирующих мощностей. Затем эти графики используются как цель для контроля производства энергии (рис. 7.1-6).



Рис. 7.1-5: Пользовательский интерфейс оператора - воспроизведение архивных значений на отображении сети

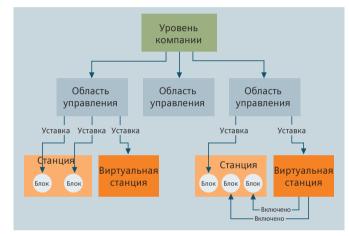


Рис. 7.1-6: Концепция иерархического управления

Обратите внимание, что для покрытия потребностей на стороне нагрузки производитель электроэнергии может выбрать закупку дополнительной энергии:

- от третьей стороны внутри той же энергосистемы, в этом случае закупочные контракты будут включаться в процесс оптимизации и/или
- от третьей стороны из внешней энергосистемы, в этом случае в процесс оптимизации будут включаться соответствующие межсетевые обмены.

Соответствующие закупки и обмен электроэнергией будут интегрированы в диспетчерские графики.

Управление генерацией и регулирование частоты

Преимущество электроэнергии, заключающееся в универсальности её использования, компенсируется тем недостатком, что её трудно хранить. По этой причине генерация электроэнергии должна осуществляться одновременно с ее потреблением. Частота используется в качестве средства измерения баланса производства и потребления. Пока производство и потребление находятся в равновесии, частота сети соответствует номинальной частоте. Если потребление превышает производство электроэнергии, разница покрывается за счет кинетической энергии вращения генератора или массы турбины. Однако такой отбор энергии вызывает снижение их скорости вращения и, соответственно, снижение частоты. В обратной ситуации, т.е. при избытке генерирующей мощности, разница преобразуется в кинетическую энергию, и скорость вращения увеличивается, увеличивая частоту.

7.1 Принципы управления электроэнергией

Поскольку системная частота одинакова во всех точках системы, она может легко использоваться как входной количественный показатель для контроля частоты энергосистемы. На основании измеренного отклонения частоты, а также технических и экономических показателей определяются новые значения уставок для отдельных генераторов и передаются в децентрализованные системы управления генераторами с помощью средств телеуправления. Если энергосистема связана с соседними энергосистемами, необходимо контролировать частоту, а также обмена энергией с ними. Такой обмен энергией происходит по нескольким соединениям, в которых поток контролируется средствами телеметрии.

Для определения чистой корректировки генерируемой мощности, необходимой для поддержания частоты на уровне номинальной или вблизи нее, обычно используется ПИ-регулятор, на основе так называемой ошибки в области регулирования (АСЕ), обновляемой, как правило, каждые 2-10 секунд. Тот же регулятор может также учитывать обмен мощностью по контракту, чтобы свести к минимуму отклонения от диспетчерского графика обмена. Соответственно рассчитываются корректировки отдельных генерирующих единиц и посылаются корректирующие сигналы на генерирующие блоки, участвующие в регулировании. Этот процесс будет также учитывать принятые (экономические или рыночные) диспетчерские графики энергоблоков и требования к наличию резервов. Набор приложений, поддерживающих этот процесс, называется автоматизированным управлением производством электроэнергии (АGC).

Приложения для управления сетью передачи

Сети передачи характеризуется фрагментарной структурой, отдельные фрагменты сети соединяются одним или несколькими каналами с одной или несколькими внешними сетями. Большинство подстанций, если не все, автоматизированы. Обычно большинство, если не все, состояния распределительных устройств, напряжения на шинах и токи в линиях контролируется с помощью средств телеметрии. Сеть передачи обычно включают в себя часть сверхвысокого напряжения (СВН) и часть высокого напряжения (ВН), которая иногда именуется питающей сетью. Как правило, эти измерения осуществляются в таком количестве, чтобы предоставляемая ими информация была избыточной для определения распределения потока электроэнергии. Это необходимо вследствие того, что измерения часто включают ошибки, связанные как с погрешностью измерительного оборудования. так и с неисправностями в цепях измерения и/или устройствах связи. Для наиболее точной оценки состояния сети применяется метод наименьших квадратов в сочетании со статистическим анализом, что обеспечивает оптимальную оценку и позволяет исключить ошибочные измерения. Эта функция называется оценкой состояния. Оценка состояния сети предоставляет оператору полное решение распределения потока электроэнергии, включая и те участки сети, для которых значения не измеряются .

Оценка состояния сети обычно сопровождается процессом мониторинга предельных значений, который сравнивает результат оценки с эксплуатационными пределами отдельного оборудования для того, чтобы своевременно информировать оператора о перегрузках или других нарушениях пределов. После этого решение оценки состояния сети используется другими функциями сети, например, при анализе последствий аварий, анализе короткого замыкания или определении оптимального потока электроэнергии.

При анализе вероятностных аварий, как правило, осуществляется очень большое число проверок «Что если?», в ходе которых моделируется отказ одного или нескольких элементов основного оборудования. Результаты этих расчетов сравниваются с граничными значениями с целью оценки безопасности работы сети в результате сбоя оборудования. Обычно сети передачи должны оставаться в работоспособном состоянии после отказа одного

любого элемента оборудования (критерий n-1) и после отказа отдельных двух или более элементов оборудования, эти ситуации моделируется приложением анализа последствий аварий. В случае нарушения безопасной работы сети можно использовать другие инструменты для выявления превентивных или корректирующих мер для таких случаев.

Анализ токов короткого замыкания имитирует различные типы коротких замыканий, например, фазы на землю в выбранных узлах сети, обычно в шинопроводах, для вычисления результирующих токов и токов из соседних ветвей и генерирующего оборудования. Затем результаты сравниваются с номинальными значениями тока короткого замыкания оборудования, то есть выключателей, указанных выше соседних ветвей и генерирующего оборудования на предмет отклонений от допустимых значений. Оператор информируется о любых нарушениях предельных значений, что обеспечивает возможность своевременного принятия корректирующих мер.

Оптимальное потокораспределение пытается определить параметры управления оборудованием, например обмотками трансформатора, для оптимальной работы энергосистемы согласно некоторым выбранных критериям и с учетом эксплуатационных ограничений, например ограничений основного оборудования:

- Минимизация потерь в сети потери в сети непосредственно связаны с количественным значением потока реактивной мощности и, следовательно, с профилем напряжения в сети. Оптимальный поток электроэнергии позволит свести потери к минимуму путем определения оптимальных параметров всех доступных элементов управления напряжением, то есть генераторов, трансформаторов, конденсаторов и т.д.
- Минимизация затрат не генерацию оптимальный поток электроэнергии позволит свести к минимуму общую стоимость генерации путем определения оптимального режима работы каждой генерирующей установки. Сегодня этот критерий применяется главным образом на централизованных рынках и рынках, на которых еще не отменено государственное регулирование. Вариации этого критерия, например, связанные с отклонениями от отдельных параметров рынка, также
- решаются с помощью оптимального потокораспределения на энергетических рынках, где полностью отменено государственное регулирование.
- Сетевая безопасность при наличии нарушений предельных значений оборудования, оптимальное потокораспределение будет определять корректирующие меры в отношении регулирования напряжения и/или параметров управления активной мощностью для сведения к минимуму нарушений граничных значений оборудования, т.е. параметры для восстановления безопасного состояния сети. Аналогичным образом, оптимальное потокораспределение может использоваться в нормальных условиях эксплуатации для повышения безопасности сети путем увеличения запаса прочности до необходимых значений, т.е. путем применения более жестких требований. Поскольку повышение запаса прочности может быть функционально очень дорогим, оно обычно применяется только для нескольких отдельных критически важных элементов оборудования.

Только что описанные функции расчета сети могут также использоваться для изучения эксплуатационных условий, отличающихся от фактических. Этот режим обучения используется, например, для проверки планируемых операций переключения.

Приложения для управления распределительной сетью

Распределительная сеть характеризуется преимущественно радиальной и слабо фрагментированной структурой и обычно включает в себя часть среднего напряжения (СН) и часть низкого напряжения (НН), и соединяется с питающей сетью в центрах питания, представляющих собой подстанции ВН/СН. В зависимости от страны, распределительные подстанции автоматизируется на

7.1 Принципы управления электроэнергией

сегодняшний день от совсем небольшого числа до практически полной автоматизации. В соответствие с трендами в интеллектуальных сетях сегодня ускоряется автоматизация подстанций СН/ НН в Европе, тогда как в США также ускоряется автоматизация питающих подстанций СН. По этой причине в настоящее время данные телеметрии, например, о потокораспределении, относительно ограничены, но ситуация быстро изменяется (рис. 7.1-7).

Возможно, наиболее важным приложением в распределительной сети является управление отключениями, которое отвечает за управление всеми плановыми и неплановыми отключениями, последнее также называется управление аварийными отключениями. Управление отключениями объединяет информацию из систем SCADA (события), учёта (события) и от клиентов (сообщения о проблемах) для выявления одного или нескольких одновременных сбоев сети. С доп. помощью выездных бригад и поддержке инструментов анализа операторы способны оперативно обнаружить неисправности, изолировать их и восстановить работу неаварийных участков. Управление отключениями также осуществляет расчет показателей производительности, которые обычно требуются регулятором для оценки эффективности сервиса по отношению к потребителям. Управление отключениями при поддержке аналитических инструментов предусматривает также координацию плановых отключений для обеспечения безопасности обслуживающего персонала, а также непрерывности энергоснабжения потребителей.

Другие приложения в распределительной сети принадлежат к одной из двух областей: анализ аварийных отключений и анализ сети. Анализ аварийных отключений обычно включает приложение обнаружения места повреждения (ОМП), предназначенное для указания (визуального и описательного) оператору места аварии на основании событий в реальном времени с помощью,

например, индикаторов аварий или дистанционной релейной защиты. Анализ аварийных отключений также включает приложения для изоляции аварий и восстановления сервиса, которые предназначенные для предоставления оператору последовательности переключений для изоляции поврежденных участков сети и восстановления энергоснабжения для неповрежденных участков. Поскольку в последнем случае возможны проблемы с удовлетворением всех ограничений безопасности сети и/или восстановлением сервиса для всех потребителей, оператору может быть предложена одна или несколько последовательностей переключений.

Приложения анализа распределительной сети во многом аналогичны приложениям для сети передачи, но отличаются вследствие других размеров, структуры и режимов работы распределительной сети. Одним из результирующих требований является необходимость поддержки сбалансированной, несбалансированной и/или несимметричной работы сети. Из-за ограниченного объема имеющихся измерений и их качества, для определения состояния сети обычно используется поток распределения нагрузки. Однако, с увеличением доступности измерений, этот подход постепенно заменяется подходом, напоминающим оценку состояния, то есть сочетание определения потокораспределения с методом наименьших квадратных для оптимального масштабирования нагрузки под имеющиеся измерения. Последняя функция называется оценка состояния распределительной сети. Затем решение проверяется в отношении нарушения предельных нагрузок оборудования. Это приложение предоставляет оператору полное состояние сети, включая риски дополнительно к доступным из SCADA данным. Результаты этого приложения также используются другими сетевыми приложениями для проведения дальнейшего анализа.

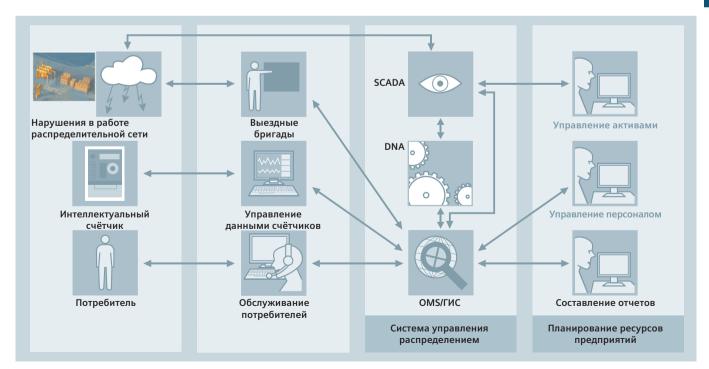


Рис. 7.1-7: Схематичная организация рабочего процесса в системе управления распределением

7.1 Принципы управления электроэнергией

К примеру, приложение определения оптимального потокораспределения используется для оптимизации работы либо в сторону минимизации потерь, регулируя напряжение посредством конденсаторов и ступеней трансформаторов, либо в сторону минимизации перегрузки сети путем её топологической переконфигурации. Приложение для расчета токов короткого замыкания, аналогичное используемому в сетях передачи, также используется в распределительных сетях для выявления потенциальных рисков от коротких замыканий. Также имеется приложение анализа безопасности в распределительных сетях для проверки процедур восстановления энергоснабжения в частях сети, которые работают в ненормальных условиях, а также для проверки применимости последовательностей переключений перед и/или после плановых отключений с учетом предсказанных диспетчерских графиков, и т.д. Поскольку распределительные сети подвержены постоянным изменениям, приложения управления переключениями становится все более и более общими для проверки или формирования параметров переключения в ненормальных конфигурациях сети.

Автоматическая разгрузка сети

Для обеспечения стабильности системы и повышения доступности сервиса в периоды высокого спроса одновременно с нехваткой генерирующих мощностей и/или крупных нарушений в работе, иногда нет другой альтернативы, кроме как отключить отдельные нагрузки. Этот процесс обычно называют автоматической разгрузкой сети. Обычно он используется в качестве крайнего решения, после того, как были исчерпаны другие альтернативы (резервные генерирующие мощности и т.д.). Управление этим процессом поддерживается приложением под названием автоматическая разгрузка сети (Load Shedding, LS).

Обычно автоматическая разгрузка сети осуществляется посредством прямых команд SCADA, контроллеров разгрузки сети (LSC) и/или устройств автоматической частотной разгрузки. В последних двух случаях конфигурация / параметры могут быть загружены из диспетчерского центра. Обратите внимание, что эти два варианта быстрее (< 100 мс), но требует тщательной координации (например, блэкаут в США в 2003 году). Возможны следующие типичные варианты активации разгрузки сети:

- Ручная разгрузка сети
- Веерная разгрузка сети (при нехватке генерирующих мощностей в течение длительного времени)
- Разгрузка сети при перегрузке оборудования (задержка/
- шунтирование устройств отключения оборудования)
- Балансирующая разгрузка сети (отклонение от плана импорта, изолированный режим работы энергосистемы)
- Разгрузка сети при понижении частоты/напряжения (поддержка стабильности / избежание коллапса).

При возврате к нормальному состоянию, приложение автоматической разгрузки сети оказывает поддержку в восстановлении нагрузки, то есть в ручном или автоматическом подключении ранее отключенной нагрузки.

Управление нагрузкой

Поскольку спрос увеличивается гораздо быстрее, становится всё более сложным и дорогостоящим соответствовать пиковым нагрузкам спроса. Учитывая также, что в остальные периоды сеть недоиспользуется (например, ночью) были созданы различные программы стимулирования сокращения или сдвига пиков потребления, которые позволили бы энергетическим предприятиям устранять часть пиковой нагрузки в случае необходимости.



Рис. 7.1-8: Обучение без отрыва от производства

В контексте балансирования спроса и производства, компании, отвечающие за обслуживание нагрузки, включая распределительные предприятия, должны обеспечить балансировку энергии при соблюдении контрактов на закупку электроэнергии. Этот процесс включает прогнозирование нагрузки потребителей, оптимальное планирование (типичные циклы 15, 30 и 60 минут) регулируемых ресурсов для удовлетворения прогнозируемого спроса и ограничения закупки энергии, мониторинг исполнения этого плана в режиме реального времени (типичные циклы 30, 60 или 120 секунд), и, при необходимости, осуществления корректирующих действий, включая регулирование нагрузки. Первые два этапа реализованы с помощью инструментов, аналогичных тем, что уже описывались ранее в приложениях оптимизация энергетических ресурсов и прогнозирования нагрузки, хотя и с некоторыми изменениями. Вторые два этапа контролируют все ресурсы и управляют доступными с целью выполнения планов закупки электроэнергии по контрактам (тарифам) и балансирования электроэнергии при отклонении спроса от прогнозных значений. При этом учитывается динамика (медленная, быстрая и ограниченная по времени) нагрузки.

В ближайшее время этот процесс будет интегрирован с управлением спросом, концепцией, динамически определяющий подходящую для управления нагрузку.

Режимный тренажер оператора (OTS)

Растущая сложность существующих энергетических систем возлагает растущие требования на обслуживающий персонал (рис. 7.1-8). Поэтому необходимы эффективные тренажеры для проведения необходимой всеобъемлющей практической подготовки. Тренажёры могут использоваться для обучения персонала в следующих областях:

- Ознакомление обслуживающего персонала с системой управления и существующей сетью
- Подготовка квалифицированного персонала к изменениям в сети, рабочего процесса, инструментах, и т.д.
- Подготовка персонала для повседневной работы, а также для работы в условиях чрезвычайных ситуаций (например, отключения электроэнергии)
- Моделирование и анализ происшествий (по факту или прогнозу) для улучшения существующих рабочих процессов
- Тестирование возможного расширения сети и анализ альтернатив, тестирование новых инструментов и анализа результатов, и т.д.

7.1 Принципы управления электроэнергией

Для эффективной профессиональной подготовки сотрудников тренажеры должны точно отражать поведение энергосистемы и обеспечивать оператора такими же инструментами, включая средства визуализации, как и те, которые используются в центре управления. Тренажер включает в себя 4 основных компонента (рис. 7.1-9):

- Компонент управления тренировочными сессиями
- Компонент моделирования энергосистемы
- Компонент моделирования телеметрии
- Копия системы управления (EMS, TMS, DMS или GMS).

Компонент управления тренировочными сессиями предоставляет инструменты для создания и проведения учебных занятий, а также обзора за деятельностью обучаемого. Он предоставляет средства для

- инициализации учебного занятия, например, на основании данных реального времени или сохраненного случая
- определения профиля нагрузки системы
- создания последовательности событий, например размыкания выключателя, сбой в телеметрии и т.д., которые могут произойти по времени или по событию или по команде
- создания сценариев обучения, т.е. ряда последовательностей событий, которые будут активированы во время обучения.

Он также предоставляет функции старта / останова и паузы / возобновления выполнения учебного занятия. Во время обучения тренера может создать новые события и/или модифицировать работающий сценарий.

Компонент моделирования энергосистемы обеспечивает реалистичное моделирование поведения энергосистемы в целях поддержки обучения, от нормального режима эксплуатации до режима чрезвычайной операции, включая условия секционирования энергосистемы и восстановления после отключения. Моделирование построено на основе долгосрочной динамической модели энергосистемы, включая:

- Моделирование нагрузки в зависимости от напряжения/частоты
- Моделирования производства электроэнергии с моделями регулятора частоты вращения турбины, котла/турбины и генератора
- Моделирование частоты
- Моделирование регулятора напряжения
- Моделирование реле защиты
- Моделирование АРЧМ внешней энергосистемы.

Компонент моделирования телеметрии поставляет в копию системы управления полевые данные от системы моделирования энергосистемой в том виде, как они обычно поступают от полевого оборудования в центр управления. Также он обрабатывает все команды, выданные SCADA (оператором), LFC и т.д., и передает их в модель энергосистемы. Тренер может изменить эту модель телеметрии с помощью конструктора сценариев с учетом погрешности измерений, телеметрии или сбоев RTU, и т.д.

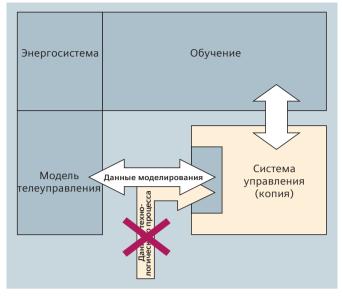


Рис. 7.1-9: Блок-схема режимного тренажера

Режимный тренажер оператора предлагает выделенную среду для обучаемого (оператора) и среду для преподавателя, которая позволяет преподавателю влиять на процесс обучения с целью стимуляции ответов обучаемого. Интерфейс обучаемого идентичен системе управления, так что для обучаемого нет разницы в функциональности и удобстве между обучением и реальной работой.

Многоресурсные центры управления

Некоторые распределительные предприятия управляют процессом распределения нескольких физических ресурсов, например электричества, центрального отопления, газа и/или воды. Хотя процесс распределения, например, в отношении управления нагрузкой, зависит от отдельных физических ресурсов, но могут формироваться взаимосвязи между ними либо в процессе закупок, либо в модели производства.

Часто встречаются электростанции, на которых осуществляется комбинированное производство тепла и электроэнергии, называемые иначе теплоэлектроцентралями (ТЭЦ). Эти станции обеспечивают поставку электроэнергии и централизованного теплоснабжения. Управление этими двумя сильно взаимосвязанными физическими ресурсами потребует специальных инструментов учета высокой взаимозависимости, существующей между производством и спросом на эти два ресурса.

7.1 Принципы управления электроэнергией

7.1.2 Центры управления сетью в условиях дерегулируемого рынка электроэнергии

В результате движения в сторону отмены государственного регулирования и либерализации энергетического бизнеса, электроэнергетика с начала 1990-х претерпела кардинальные изменения. Этот процесс был отмечен следующими характеристиками:

- Конкуренция везде, где это возможно электрическая энергия продаётся как товар. Это главным образом влияет на производство электроэнергии, но другие услуги также могут быть предложены на конкурсной основе.
- Коммерческое разделение естественных сетевых монополий и конкурентных элементов. Это влияет на различные области, включая планирование, эксплуатацию и техническое обслуживание ранее единых систем.
- Доступ к сетям третьих сторон. Это является необходимым условием для открытой торговли электрической энергией через естественные сетевые монополии.\
- Регулирование сетевых монополий осуществляется государственным агентством. Поскольку сеть является основой для конкуренции на рынке электроэнергии, большое значение имеет надежность, экономичность и нейтральность работы сети

Для обеспечения такой работы необходимо ввести новый элемент регулирования, в то время как регулирование других частей энергетического бизнеса отменяется.

Переходные модели

В описанных выше условиях отмены государственного регулирования энергетические компании, которые традиционно имели вертикально интегрированную структуру, разделились на компании, ответственные за производство электроэнергии (генерирующие компании), передачу (сетевые компании), распределение (распределительные компании) и энергосервис (компании, обслуживающие конечных потребителей — поставщики услуг). Такая перестройка открывает двери для многих новых игроков рынка (рис. 7.1-10), например, трейдеров и брокеров электроэнергии, которые приобретают энергию от ГК, независимых производителей электроэнергии (НПЭ) или от других источников, и перепродают её.

Технически важной частью отмены государственного регулирования является функционирование системы в целом. Поскольку больше не существует единой работы генерации, передачи, распределения энергии и обслуживания в рамках одной компании, специализированные организации должны взять на себя ответственность за соблюдение конкретных стандартов качества электрической энергии, например, регулирование частоты, уровня напряжения и обеспечения надлежащего объема генерирующих мощностей и резервов передающих сетей на случай чрезвычайных ситуаций. При независимой реализации от всех других видов деятельности в области энергетики, такая организация называется Независимым системным оператором (ISO), как это организовано, например в Северной Америке и Российской Федерации, а при интеграции с транспортными компаниями называется Оператором системы передачи электроэнергии (TSO), как, например, в Западной Европе. ISO обычно управляет энергетическим рынком через сеть, которая охватывает несколько транспортных компаний. тогда как TSO обычно управляет энергетическим рынком в сети собственной транспортной компании.



Рис. 7.1-10: Игроки на энергетическом рынке после отмены государственного регулирования

У ISO/TSO нет собственных генерирующих мощностей. Поэтому он должен приобретать регулируемую энергию (активную и реактивную мощность) у производителей электроэнергии. Хотя многие контракты на поставку электроэнергии заключаются как двусторонние контракты, часть энергии также может продаваться/ покупаться на открытом энергетическом рынке при содействии одной или нескольких энергетических бирж, например Европейской энергетической биржи (ЕЕХ) в Германии. Эта модель рынка обычно называется спотовым энергетическим рынком и является наиболее распространенной на TSO-структурированных энергетических рынках, обеспечивая высокую прозрачность рынка и ликвидность. Энергетические рынки обычно структурируются по временным горизонтам, например рынок на сутки вперед (РСВ) и балансирующий рынок (БР), а также по типам, например, рынок балансировочной энергии, рынок резервной мощности и т.п. Доли энергии, реализуемой на спотовом рынке, по сравнению с фиксированными объемами, реализуемыми в рамках двусторонних соглашений, могут варьироваться в зависимости от страны.

Новые требования к центрам управления сетью

Модели энергетических рынков различаются от региона к региону и обычно на то, чтобы достичь относительной зрелости, то есть стабильности правил рынка, уходит много лет. Таким образом, к предлагаемым на рынке решениям существуют жесткие требование по высокой гибкости и возможности адаптации к актуальным требованиям (рис. 7.1-11).

ISO/TSO, отвечавшие за правила, применявшиеся на протяжении десятилетий, сейчас сталкиваются с гораздо более сложным процессом, в котором участвуют рыночные механизмы получения информации и средства, позволяющие им обеспечить соблюдение этих правил; информации и средства, которыми теперь владеют и управляют многие конкурирующие участники рынка. Кроме того, ISO/TSO получающие доступ к данным, необходимым для выполнения его роли и распределения ответственности участников рынка, должны будут обеспечивать полную конфиденциальность, так как эти данные часто отражают позиционирование участников рынка, т.е. конкурентные данные рынка.

7.1 Принципы управления электроэнергией

Кроме того, необходимость должным образом поддерживать правильное функционирование рынка электроэнергии, то есть его работу без перегрузки, стала реальной проблемой для ISO/TSO и участников рынка.

И последнее, но не менее важное, энергетические рынки требуют прозрачности и аудита. Многие услуги, которые обычно связаны между собой, теперь нужно разделить и учитываться отдельно, должен выполняться мониторинг соответствия рынка, а также должно быть возможным обширное архивирование всех этих данных.

Связь

Значительно увеличивается объем передаваемых данных между центрами управления и различными участниками рынка, то есть производителями электроэнергии, распределительными компаниями, биржами электроэнергии и энерготрейдерами. Хотя средства связи уже используются в центре управления, использование открытых каналов связи, в том числе интернета, будет значительно расширяться. Кроме того, для большого числа новых рыночных взаимоотношений, например, запросы мощности или запросы на доступ к сети, запросы рынков сервисных услуг и т.п., потребуют новых решений, использующих новую инфраструктуру связи. Примером существующей системы такого рода является система OASIS (информационная система открытого одновременного доступа), применяемая для резервирования пропускной способности сетей передачи в США.

Фундаментальные изменения параметров систем управления Функциональные задачи ISO/TSO расширяются функциями обслуживания участников рынка для обеспечения открытого и справедливого доступа к сети. Хотя многие задачи остаются такими же, как до либерализации рынка, инструменты для решения других задач, необходимых ISO/TSO, остаются после либерализации у других участников рынка. Поэтому ISO/TSO нужно приобретать эти

инструменты у участников рынка, при этом формируя собственные оборот за счет сборов за предоставление доступа к сети. Также потребуется множество новых функций для поддержания открытого и равноправного доступа к сети для всех участников рынка, особенно при управлении перегрузками в сети (например, предельное ценообразование в различных частях сети), ограничение на передачу (например, аукционы на трансграничную пропускную способность) и т.д.

Чтобы гарантировать открытый и равноправный доступ к сети и равные отношения между всеми участниками рынка, многие из этих функциональные задачи используют рыночные механизмы. Это означает, что многие из решений, разработанных для этих функциональных задач, будет определяться финансовыми показателями, при этом сталкиваясь с теми же физическими проблемами, и поэтому требуя более глубокой интеграции с функциями оперативного учета и регулирования.

Сетевые расчеты

Основные функции, такие как оценка состояния, расчет режима, расчет короткого замыкания и анализ последствий аварии, обычно не затрагиваются процессом реструктуризации. Однако, такие приложения, как расчет оптимального распределения потока, учитывающий наличие / управляемость генерирующими мощностями, будут затронуты реструктуризацией отрасли. Оптимизация общей стоимости генерации более не входит в зону ответственности ISO/TSO, а касается каждого участника рынка. Однако, применение генерирующих мощностей (МВт и В/Вар) для исправления нарушений безопасности сети или сокращения потерь по-прежнему входит в ISO/TSO, и потребует приложений для учета стоимости использования (переменные затраты) ресурсов в рамках, согласованных в отдельных рыночных процессах. Стоимость доступности ресурсов (фиксированные затраты) уже включена в этот рыночный процесс.

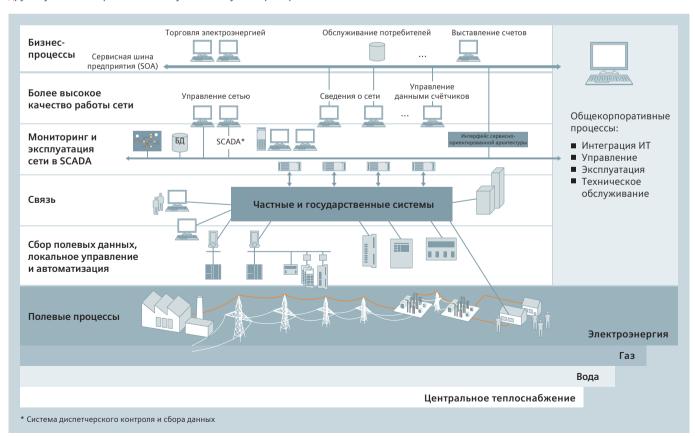


Рис. 7.1-11: Интеграция различных слоев технологического процесса

7.1 Принципы управления электроэнергией

Планирование генерируемой мощности

Планирование генерирующих мощностей больше не является ответственностью ISO/TSO, и поэтому больше не рассматривается в рамках центра управления электросетью. Однако, результаты планирования должны доводиться участниками рынка до ISO/TSO, чтобы он смог рассчитать эксплуатацию сети и обязанности по обеспечению безопасности.

Это довольно сложный процесс (рис. 7.1-12 и рис. 7.1-13) и варьируется от рынка к рынку (например, в зависимости от наличия биржи или количества участников). При этом основной процесс ISO/TSO состоит в сборе позиций всех участников рынка, т.е. их производственных планов, и их проверку в отношении сетевой безопасности. При этом должны удовлетворяться прогнозы по нагрузке и расписания плановых отключений. В случае неудовлетворения сетевой безопасности рынком, сигналы возвращаются участникам рынка для формирования новых планов производства, и этот процесс повторяется до достижения сетевой безопасности. Параллельно ISO/TSO запрашивает у участников рынка заявки на поставку вспомогательных сервисов, т.е. регулирующих мощностей. Эти заявки закрываются при расчете рынка по клиринговой цене. Конечно, эти заявки учитываются в графиках обслуживания нагрузки и в указанных выше процессах проверки безопасности сети. Эти рыночные механизмы, как правило, выполняться как минимум один раз в день для рынка РСВ и один раз в час для БР. Этот процесс завершается на следующий день путем фактической поставки энергии.

Управление генерируемой мощностью

Применяется полный набор приложений для управления генерирующими мощностями, однако, с некоторыми корректировками. Фактически, целевой график генерации теперь определяется участниками рынка (см. приведенное выше описание). Кроме того, доступность и пределы регулирующей мощности и резервной мощности теперь определяются процессом, в рамках которого ISO/TSO получает доступ к ресурсам участников рынка и использует эти ресурсы (см. описание выше). Приложение мониторинга стоимости производства по-прежнему используется с корректировкой для учета только расходов на регулирование.

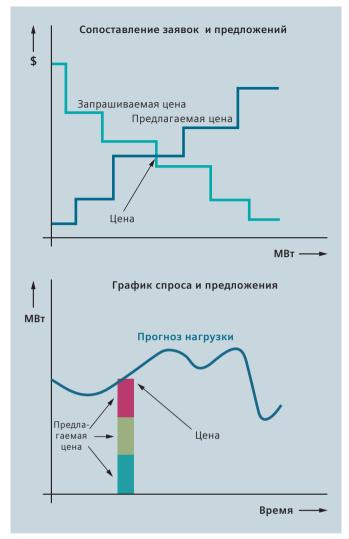


Рис. 7.1-12: Основные значения



Рис. 7.1-13: Обзор ISO/TSO

7.1 Принципы управления электроэнергией

7.1.3 Общая информационная модель

Для выживания в условиях энергетического рынка без государственного регулирования, энергетические компании сегодня сталкиваются с неотложной задачей оптимизации основных процессов (рис. 7.1-14). Одним из важных шагов является объединение большого количества автономных ИТ-систем в однородный ИТ-ландшафт. Однако при отсутствии стандартной единообразной модели данных интеграция обычные системы управления сетью требует значительных усилий. Системы управления сетью со стандартизованными исходными данными, основанные на общей информационной модели (СІМ), в соответствии со стандартом МЭК 61970 и его дополнений МЭК 61968 (DMS) и МЭК 62325 (рынок электроэнергии), предлагают наилучшую основу для интеграции.

СІМ – ключ к взаимодействию и открытости

Общая информационная модель (CIM) определяет общий язык и модель данных, цель которых заключается в упрощении обмена информацией между участвующими системами и приложениями через прямые интерфейсы (рис. 7.1-15). Модель СІМ была принята стандартом МЭК ТС 57 и быстро движется по направлению к международной стандартизации. В США стандарт СІМ уже принят Национальной комиссией регулирования электроэнергетики (NERC) для обмена данными между компаниями, поставляющими электроэнергию. СІМ предлагает большое количество преимуществ для поставщиков электроэнергии и производителей:

- Простой обмен данными
- Стандартизированные данные СІМ остаются неизменными при расширении модели
- Более простая, быстрая и менее рискованная модернизация систем управления и, при необходимости, миграция систем других производителей
- Программный интерфейс СІМ полностью открыт. Он необходим для простой взаимосвязи пакетов приложений различных поставщиков для формирования системы SCADA/EMS/DMS/ GMS

СІМ является основой для определения важных стандартных интерфейсов для других ИТ-систем. Компания Siemens является активным членом рабочей группы по разработке стандарта МЭК ТС 57, играя ведущую роль в дальнейшем развитии и международной стандартизации стандарта МЭК 61970 и единой информационной модели. Рабочая группа WG14 (стандарты МЭК 61968) в ТС57 отвечает за стандартизацию интерфейсов между системами с фокусом на распределение электроэнергии.

Стандартизация удаленных объектов определяется в МЭК 61850. С расширением документа 61850 и включением в него связи с центром управления происходит дублирование в объектной модели между стандартами 61970 и 61850. Для ускорения согласование между документами 61970 и 61850, ТС57 создал рабочую группу (специальная группа WG07).

Основная задача будущего состоит в расширении стандарта за пределы центра управления. После того, как стандарт будет расширен, это обеспечит комплексное управление данными и обмен данными между отделами предприятия, отвечающими за передачу, распределение, планирование и генерацию электроэнергии. Особенно актуальной в настоящее время является задача расширения стандарта на новейшие области интеллектуальной сети, расширенную инфраструктуру учета (Advanced Metering Infrastructure, AMI) и домашние сети (Home Area Network, HAN).

Модель данных и пакеты СІМ

Модель данных СІМ описывает электрические сети, подключенные электрические компоненты, дополнительные элементы и данные, необходимые для работы сети, а также отношения между этими элементами. В качестве описательного языка, поддерживаемого различными программными инструментами используется стандартизированный, объектно-ориентированный метод Унифицированного языка моделирования (UML). СІМ используется главным образом для определения общего языка для обмена информацией через прямые интерфейсы или шину интерации и доступа к данным из различных источников. Модель СІМ разделена на пакеты, такие, как основные элементы, топология, генерация, модель нагрузки, измерения и защита. Единственная цель этих пакетов состоит в том, чтобы сделать модель более прозрачной. Отношения между конкретными типами моделируемых объектов может распространяться за пределы границ пакетов.

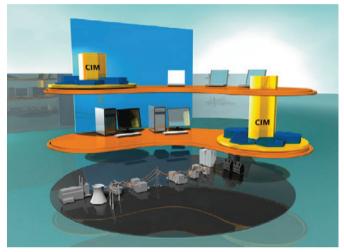


Рис. 7.1-14: Общая информационная модель как ключ к взаимосовместимости

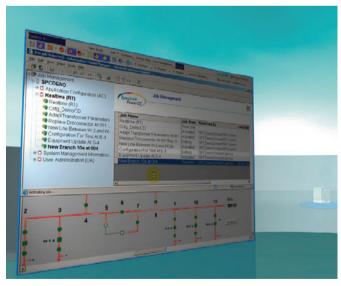


Рис. 7.1-15: Проектирование данных в менеджере информационной модели

7.1 Принципы управления электроэнергией

Модель топологии

Электропроводящие соединения между элементами определяются через терминалы и узлы (узлы подключения). Каждый проводящий элемент имеет один или несколько терминалов. Терминал соединяет элемент, например генератор, или одну его сторону элемента, например, выключателя с узлом. Узел может содержать любое количество терминалов и обеспечивает подключение с нулевым сопротивлением всех подключенных к нему элементов. Эти отношения, а также текущее состояние выключателей позволяет процессору топологии определить текущую топологию сети. Эта модель топологии может также использоваться для описания сетей газоснабжения, водоснабжения, центрального отопления и других сетей для таких задач, как моделирование взаимосвязанных центров управления.

Моделирование измеренных величин

Динамические состояния электрической сети отображаются в виде измеренных значений. Измеренные значения могут содержать числовые значения, например величина активной/ реактивной мощности, тока и напряжения, или отдельные состояния, например, однопозиционного переключателя. Значения измерений всегда связаны с определенными измерениями. Измерения всегда контролируют одну физическую величину или состояние соответствующего объекта. Они либо назначаются непосредственно объекту или терминалу объекта, если важно, на какой стороне объекта производится измерение, например, измерение в начале линии высокого напряжения. Измерение содержит одно или несколько измеренных значений, например, значение, представленное SCADA, или значение, определяемое модулем оценки состояния или модулем оптимизации напряжения/реактивной мощности. Также можно отобразить, является ли текущее значение измеренным от ожидаемого источника или это расчитаннео подстановочное значение, если, например, прервано соединение с технологическим процессом (рис. 7.1-16).

Испытания на эксплуатационную совместимость и обмен данными модели

С сентября 2001 года Национальная комиссия регулирования электроэнергетики (NERC) предписала обмен данными электрических сетей между координаторами по вопросам безопасности сети в формате CIM/RDF/XML. При финансировании Научно-исследовательского института электроэнергетики (EPRI), ведущие производители комплексных систем EMS или отдельных их компонентов (ABB, Alstom, CIM-Logic, Langdale, PsyCor, Siemens и Cisco) начали планирование испытания на эксплуатационную совместимость и разработку необходимых для этого инструментов. Испытания на эксплуатационную совместимость CIM XML начались в декабре 2000 года и на сегодняшний день проводятся ежегодно. Испытания на эксплуатационную совместимость (IOP) доказывают, что продукты различных участников могут обмениваться информацией и обеспечивать выполнение требований по взаимодействию, основанные на использовании стандартов МЭК, которые были разработаны на сегодняшний день. Дополнительная функция и цель текущих и будущих испытаний ІОР состоит в проверке и подтверждении того, что изменения, внесенные в стандарты МЭК, были внедрены и не препятствует обмену данными или взаимодействию между участниками. Проверка ежегодных обновлений спецификации МЭК является неотъемлемой частью процесса испытаний ІОР. После завершения испытаний публикуется протокол испытаний ІОР, а все результаты полностью документируются, как и проблемы, обнаруженные в ходе проверки.

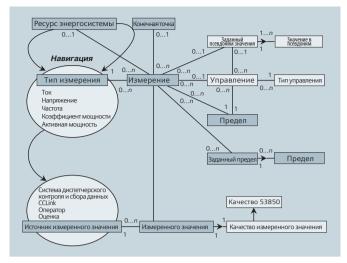


Рис. 7.1-16: Моделирование измеренных величин

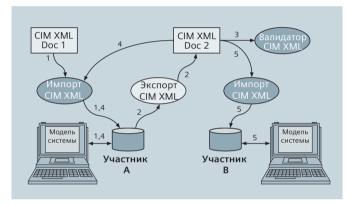


Рис. 7.1-17: Принцип испытания эксплуатационной совместимости

Принцип испытания проиллюстрирован на рис. 7.1-17. Участник А импортирует тестовые данные с помощью инструмента, изменяет эти данные и экспортирует их для дальнейшего использования участником В. Участник В импортирует данные, обрабатывает и изменяет их, и экспортирует их для участника С, и так далее. Некоторые участники предоставляют модель, которая используется во время испытания ІОР (например: модель шины Areva 60, модель шины GE WAPA 262, модель шины SNC-Lavalin 60 и модель шины Siemens 100). Обычно между участниками распространяется и проверяется полная и инкрементальная модель. Тесты с расчетом потокораспределения служат для проверки правильности обмена файлами модели энергосистемы, включая генерирующие мощности и нагрузку. Кроме того, специально выполняются определенные тесты, учитывающие реализацию последней ежегодной спецификации стандарта МЭК.

7.1 Принципы управления электроэнергией

7.1.4 ИТ-интеграция и сервис-ориентированная архитектура (SOA)

Для выживания в условиях энергетического рынка без государственного регулирования, энергетические компании сегодня сталкиваются с неотложной задачей оптимизации основных процессов. Одним из важных шагов является построение модульной и компонентно-ориентированной архитектуры системы управления, что обеспечивает ее гибкую настройку и эффективную интеграцию в ИТ-ландшафт предприятия. Интеграция ранее разработанных систем управления сетью требует значительных усилий, поскольку они не учитывали отсутствующего на тот момент стандарта интеграции. Системы управления сетью, разработанные с применением сервис-ориентированной архитектуры (SOA), предлагают наилучшую основу для ИТ-интеграции.

Открытые системы, использующие стандарты и стандарты де-факто

Современные системы управления обеспечивает основу для интеграции системы управления электроэнергией в существующем ландшафте систем энергопредприятий с применением официальных стандартов и стандартов де-факто.

- Общая информационная модель (СІМ) стандарта МЭК 61970 определяет стандарт для моделей данных в электрических сетях. Она поддерживает импорт и экспорт в форматах XDF и RDF, которые основаны на стандарте XML
- Веб-интерфейс пользователя, веб-технологии
- Стандартизированное аппаратное обеспечение
- Клиент-серверная конфигурация на основе стандартных локальных сетей и протоколов (TCP/IP)
- Открытые интерфейсы (OBCD, OLE, OPC и т.д.)
- Реляционная СУБД в основе с открытыми интерфейсами
- Протоколы передачи, стандартизированные национальными и международными комитетами (МЭК 60870-5, МЭК 60870-6)

Сервис-ориентированная архитектура

Современные системы управления построены на базе сервисориентированной архитектуры со стандартизированными спецификациями процесса, интерфейса и связи на основе стандартов МЭК 61968 и МЭК 61970. Они формируют основу для интеграции системы управления сетью в сервисную среду энергопредприятия.

Сервисы системы управления включают:

- Службы данных, с помощью которых, например, можно получить доступ к базе данных основного приложения, например, снятие показаний с оборудования, пострадавшего в результате сбоя системы электроснабжения
- Сервисы функциональной логики, например, для запуска компьютерной программы для расчета потокораспределения в энергосистеме
- Сервисы бизнес логики, которые координируют логику выполнения отдельных процессов управления электроэнергией, например, управление аварийными отключениями в системе управления сетью в рамках системы информационного обеспечения потребителей.

Система управления сетью является одной из многих систем в ИТ-ланшафте энергопредприятия, которая взаимодействует с другими системами, а также предлагает и использует следующие сервисы:

- Сервисы, являющиеся частью системы управления сетью
- Сервисы, которые используются системой управления сетью и предоставляются другими системами и приложениями

На рис. 7.1-18 показан типовой пример интеграции системы управления сетью в сервисную среду энергопредприятия. На основе этой интеграции происходит дальнейшее планирование рабочих процессов и интеграция в гетерогенный ИТ-ландшафт.

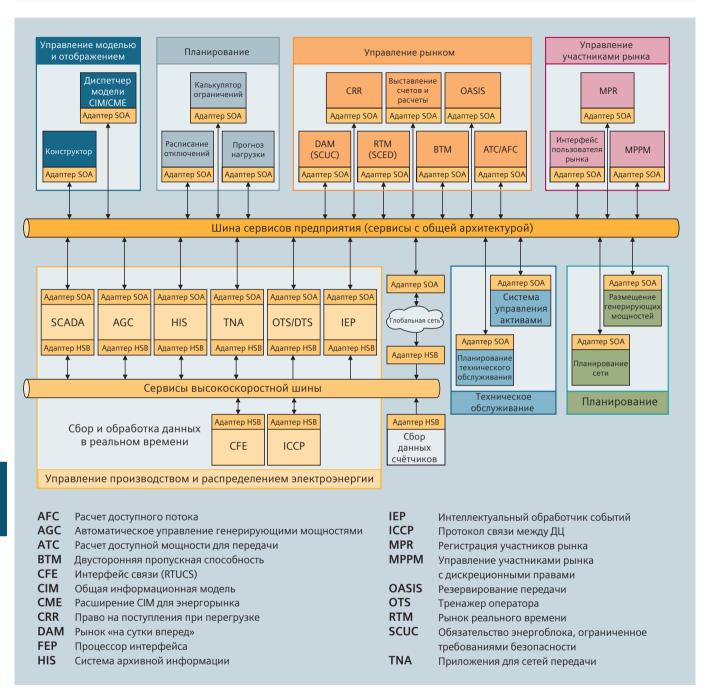


Рис. 7.1-18: Spectrum Power SOA (Сервис-ориентированная архитектура): интеграции системы управления сетью в сервисную среду энергопредприятия.

7.1 Принципы управления электроэнергией

Интеграция в ИТ-сети

Современные системы управления сетью действующие в качестве систем управления производством, передачей и распределением электроэнергии, гармонично вписываются в ИТ-сети и существующие ИТ-ландшафты энергопредприятий (рис.7.1-19). Система управления сетью является одной из многих систем в ИТ-сети энергопредприятия, которая взаимодействует с другими системами. Ниже приведены некоторые моменты, определенные для процесса ИТ-интеграции: Доступ к системе пользователями интранет, например, бэк-офиса:

- Конфигурация для интеграции в DMZ (демилитаризованная зона) корпоративной сети, например, для уведомлений по электронной почте
- Защищенная область для приложений и серверов SCADA
- Связь с подстанциями и соседними центрами управления на базе TCP/IP
- Конфигурация коммутаторов и маршрутизаторов
- Защита паролем и требования.

На рисунке показаны примеры интеграции системы управления сетью в ИТ-сеть предприятия коммунального хозяйства. На этой интеграции основывается дальнейшее планирование в отношении требуемой интеграции в гетерогенный ИТ-ландшафт энергопредприятия.

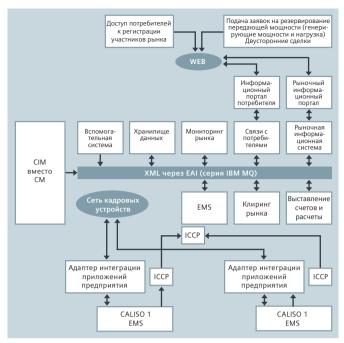


Рис. 7.1-19: Сервис-ориентированная архитектура приложений в ИТ-ландшафте большого энергопредприятия

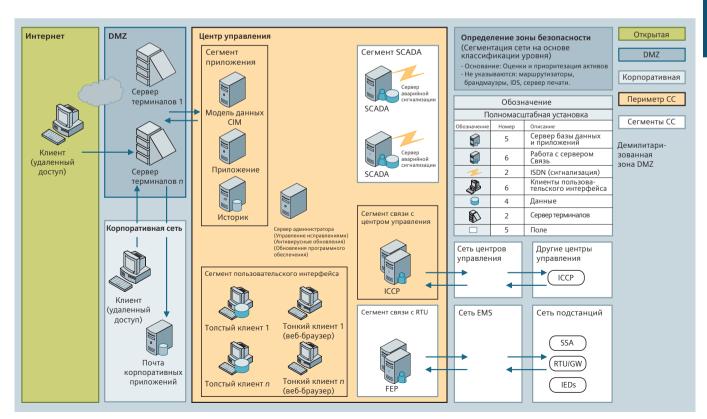


Рис. 7.1-20: Интеграция системы управления сетью в сеть ИТ предприятия коммунального хозяйства

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

7.2.1 Системы управления Spectrum Power

Компания Siemens поставила более чем 1600 систем компьютерного управления энергосистемами по всему миру. Результатом многолетнего опыта является разработка семейства продуктов Spectrum Power $^{\text{TM}}$ – систем управления для электроэнергетических систем, а также для сетей подачи газа, воды и теплофикации (рис. 7.2-1).

Система управления Spectrum Power является модульной, компонентно-ориентированной, гибкой и масштабируемой. Минимальная конфигурации, необходимая для работы, может расширяться для удовлетворения дополнительных потребностей в функционале, структуре и размерности системы. Модульная структура позволяет впоследствии расширить или обновить систему с небольшим усилием. Открытые программные интерфейсы позволяют адаптировать и выполнять доработки и расширения базовой системы для новых или уже существующих компонентов заказчика. В базовой конфигурации система управления Spectrum Power включает в себя следующие компоненты, которые будут более подробно описаны в оставшейся части этого раздела:

- Базовые службы
 Обеспечивают выполнение основных функций, таких как
 службы баз данных реального времени, обмена данными и
 координации компьютеров (например, резервирование),
 использующихся в центре управления
- Интерфейс пользователя
 Обеспечивает удобный, мощный и графически ориентированный интерфейс оператора
- Управление информационной моделью
 Обеспечивает ввод данных и управление данными системы,
 однолинейных схем и обмен данными с другими ИТ системами
- Интерфейс связи
 Обеспечивает взаимодействие полевых периферийных устройств (RTU) с системой управления
- ICCP и ELCOM
 Для связи средств управления на базе стандартных протоколов
 (ICCP) и де-факто стандартных протоколов (ELCOM).
- Приложения SCADA
 Для реализации функций мониторинга и управления, необходимых для работы системы.

В дополнение к названным компонентам, доступны следующие расширяющие функциональность компоненты, которые будут более подробно описаны в оставшейся части этого раздела. Они используются и настраиваются в соответствии с задачами и размерностью системы управления:

- Кооперативное «multisite» управление энергосистемой из нескольких распределенных центров управления Обеспечивает гибкую и динамичную работу системы управления в распределенной конфигурации
- Система архивной информации
 Обеспечивает архивирование и последующее восстановление технологических данных
- Приложение прогнозирования
 Обеспечивают долгосрочное, среднесрочное и краткосрочное
 прогнозирование загрузки системы
- Приложение планирования мощности
 Обеспечивает оптимальное планирование ресурсов генерирующих мощностей, включая обязательства и планируемые поставки



Рис. 7.2-1: Система управления Spectrum Power

- Приложения регулирования мощности Обеспечивают мониторинг и контроль, т.е. диспетчеризацию в реальном времени генерирующих мощностей, участвующих в регулировании частоты
- Приложения для передающих сетей
 Обеспечивают быстрый комплексный анализ и оптимизацию работы передающей сети
- Приложение управления отключениями
 Обеспечивает эффективное управление плановыми и аварийными отключениями в распределительных сетях
- Приложения для распределительных сетей
 Обеспечивают быстрый комплексный анализ и оптимизацию работы распределительной сети
- Приложения экспертной системы
 Поддерживает оператора в важных и сложных задачах в области устранения неполадок распределительной сети
- Тренажер
 Обеспечивает обучение оператора всем возможным режимам
 работы сети с применением тех же инструментов и интерфейса
 пользователя, которые используются в эксплуатации.

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Приложения SCADA

Группа приложений SCADA объединяет все функции Spectrum Power, минимально необходимые для работы центра управления сетью. Система SCADA содержит все функции для сигнализации, измерений, регулирования и мониторинга (рис. 7.2-2).

В базовом режиме для обработки данных используются предварительно обработанные данные интерфейса связи. Контролируются изменения значений, данные передаются в другие подсистемы и регистрируются в эксплуатационной базе данных. Кроме того, выполняются расчеты, логические операции и функции специальной обработки специальных типов данных (например, измеренных значений).

Система управления Spectrum Power используют концепцию управления зрелой сети, который уменьшает время выполнения и увеличивает эксплуатационную надежность. Сетевое управление может выполняться для любых элементов сети распределения энергии с любой станции оператора, настроенной для выполнения этой задачи. Могут выполняться как отдельные коммутационные операции, так и последовательности переключений. Оперативная адаптация условий взаимных блокировок и защитных функций поддерживают расширение сети без прерываний в оперативной работе (с использованием предварительного тестирования в режиме исследования). Благодаря быстрому выполнению сложных коммутационных операций, например, переключение шин и линий, задачи реализуются быстрее. Для обеспечения эксплуатационной надежности, концепция управления сетью Spectrum Power включает различные дополнительные функции безопасности, такие как проверка различных условий блокировки, мониторинг сетевой надежности планируемых переключений и мониторинг изменений сети во время переключений.

Система управления Spectrum Power позволяет пользователю в оперативном режиме свободно устанавливать или удалять временные элементы сети, например, шунтирующие перемычки, разрывы и заземления, без необходимости изменять информационную модель данных. Временные элементы сети становятся активными в топологии немедленно (блокировка, трассировка пути и т.д.) и остаются активными до тех пор, пока не будут удалены. Параметры указанные временных элементов сети могут настраиваться.

Управление процедурой переключения обеспечивает персонал диспетчерского центра мощными инструментами для создания, проверки и выполнения коммутаций в сети (в рабочем режиме и в режиме исследования). Система позволяет управлять до 1000 коммутационных процедур; каждая коммутационная процедура может содержать до 100 операций.

Звуковая сигнализация и мигающие элементы на экране информируют пользователя о тревожных сигналах и отклонениях от нормального состояния энергосистемы. Для регистрации сигналов и показаний используются журналы. Может храниться несколько журналов. Каждый журнал может быть связан с определенным выходным блоком. С помощью сбора данных об ошибках, персонал центра управления и системные инженеры могут анализировать состояния, преобладающие в энергосистеме до и после повреждения. Такой анализ сохраняет данные о моментальном состоянии, тренды и изменения состояний.



Рис. 7.2-2: Большой экран, отображающий работу сети в крупном центре управления

Интерактивная топологическая трассировка пути позволяет оператору определить пути между электрически соединенным оборудованием в сети. Функция топологической окраски сети управляет цветом отображения оборудования в зависимости от различных свойств отдельных элементов оборудования. Разными цветами могут быть выделены части сети, сетевые группы (например, по уровню напряжения) и рабочие состояния оборудования (например, неработающее, заземленное, с неопределенным состоянием).

Генератор отчетов представляет собой простой в использовании инструмент для простого и быстрого создания и вывода отчетов, а также управления ими. Интерфейс SQL обеспечивает прямой доступ к базе данных системы. Оператор может индивидуально настроить макет, используя графический редактор. Пользователь может определить переменные для динамических значений, которые обновляются автоматически при создании отчета. Кроме того, представления данных (таблицы и диаграммы) могут быть связаны, а их динамические элементы обновляются автоматически.

Базовые системные сервисы

Spectrum Power содержит различные основные функции (сервисы и системы), которые составляют функциональную базу, необходимую для работы системы управления. Базируясь на ОС управления аппаратным обеспечением и используя реляционные базы данных, эта функции осуществляют организацию и управление данными, обмен данными и коммуникацию между отдельными модулями, установленными на распределенных компьютерах.

Многокомпьютерная система — это подсистема, которая управляет связью между компьютерами и различными службами обеспечения аппаратного и программного резервирования внутри системы с распределенными вычислительными мощностями, а также контролирует состояние системы. Реализованы следующие функции:

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

- Управление оперативным контекстом
- Выполнение процесса (нормальное состояние системы)
- Контекст изучения (для выполнения проверок «Что если?»)
- Контекст тестирования (проверки системы после изменения данных или программ)
- Контекст тренировки (для тренажера оператора)
- Управление состояниями компьютера
- Резервирование
- Мониторинг
- Обнаружение ошибок и автоматическое восстановление
- Согласованность данных
- Координация запуска и переключения
- Обновление и синхронизация даты и времени

Высокоскоростная шина данных - это коммуникационная система, которая организует связь между программами пользователя и базовой системой через стандартизированные интерфейсы. Эта связь реализована между отдельными программными модулями внутри компьютера. Связь между несколькими компьютерами осуществляется через локальную сеть (через TCP/IP). Высокоскоростная шина данных также используется как связь между отдельными модулями и базой данных. Дополнительные характеристики:

- Интегрированная обработка времени
- Поддержка ЛВС с резервированием
- Поддержка режимов тестирования и моделирования
- Выполнение немедленной активации программы после задержки или циклически

Система баз данных в Spectrum Power состоит из оперативной базы данных для работы в режиме реального времени (данные процесса и приложений) и реляционной базы данных, которая используется системой управления информационной моделью. Особенности системы баз данных:

- Стандартная модель для всех данных процессов и приложений
- Инкрементальные изменения данных
- Импорт и экспорт данных

Управление информационной моделью

Управления информационной моделью (IMM) Spectrum Power представляет собой инструмент моделирования данных, обслуживания данных и обмена данными, разработанный специально для экономичного и эффективного управления данными модели энергосистемы для приложений EMS/DMS, SCADA, связи с полевыми устройствами RTU, ICCP и другой информации предприятия (рис. 7.2-3). Он предоставляет собой единое, центральное хранилище для ввода и хранения всех данных, связанных с энергосистемой и полностью совместим с международным стандартом общей информационной модели (СІМ) МЭК 61970. IMM охватывает общепринятые стандартные промышленные технологии, к числу которых относятся коммерческие системы управления реляционными базами данных (РСУБД) и расширяемый язык разметки (XML).

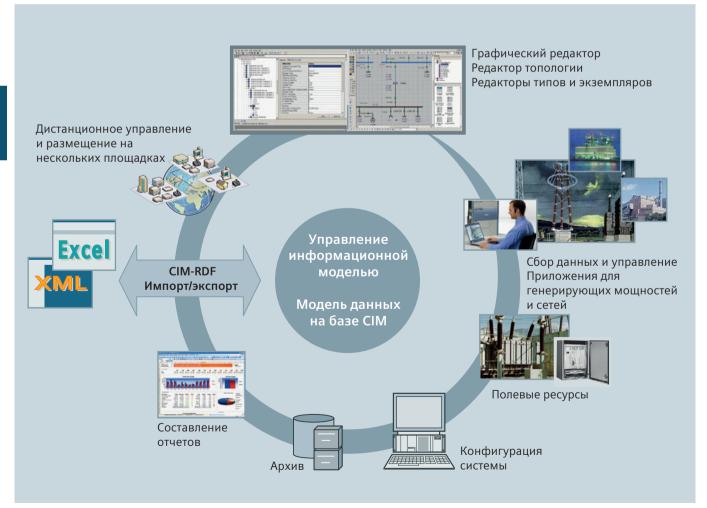


Рис. 7.2-3: Управление моделью информации Spectrum Power обеспечивает функциональность для ввода и хранения всех данные, связанные с энергосистемой

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Задача IMM в системе управления электроэнергией заключается в управлении вводом данных энергосистемы в базу данных, как во время ввода системы в эксплуатацию, так и впоследствии для последующих модификаций и расширений сети (новых подстанций, изменения сети и т.д.).

Ввод и проверка данных выполняется в исходной базе данных, поэтому текущие оперативные данные и работа сети остаются незатронутыми. После ввода, подготовки и проверки, модифицированный набор данных можно активировать в оперативной базе данных в удобное для оператора время. Активация означает перенос измененных данных из исходной базы данных в оперативную базу данных, без прерывания работы системы и без потери каких-либо данных, введенных вручную. Активация данных автоматически координируется с другими подсистемами, серверами и действиями системы управления Spectrum Power.

После активации введенные данные (например, сведения о состоянии, аналоговые значения, станционные фидера, совокупные станции) могут немедленно быть вызваны и отображены оператором.

Изменения, которые признаны ошибочными, могут быть исправлены с помощью функции отката, потому что все изменения в базе данных автоматически записываются во встроенный журнал изменений базы данных. Несколько уровней функции проверки безопасности ведут журнал аудита для всех изменений данных в базе и гарантируют согласованность данных во всей системе. Неотъемлемой частью пользовательского интерфейса является графический редактор. Этот редактор используется для создания и изменения графических дисплеев, используемых в системе.

Все дисплеи однолинейных схем в системе управления Spectrum Power накладываются на главную схему. Главная схема - это двухмерное (2D) графическое представление части реальной энергосистемы. Каждая точка на главной схеме определяется парой уникальных координат Х, Ү (мировые координаты). Главная схема делится на множество плоскостей. Каждая плоскость охватывает полную 2D область, включая весь диапазон системы уникальных координат. Первая плоскость видна на главной схеме при полном диапазоне увеличения. Остальные плоскости видны только на определенном диапазоне увеличения и содержат различные графические изображения технологических (реальных) объектов (например, на плоскости 2 показаны состояния подстанции, на плоскости 3 показаны состояния основных вводов, на плоскости 4 показаны состояния отдельных коммутационных устройств и так далее). Плоскости могут пересекаться с диапазонами увеличения других плоскостей.

В ІММ реализованы стандартизированные интерфейсы для импорта и экспорта исходных данных (рис. 7.2-4). Через эти интерфейсы можно импортировать или экспортировать данные сети и данные энергообъектов, а также графические данные. Возможность импорта больших или малых объемов данных поддерживается для целей обновления основной или вспомогательной системы и начальной загрузки базы данных (массовая загрузка). Доступны следующие функции:

- Единый интерфейс для всех изменений данных. Отпадает необходимость обслуживания избыточных данных в рамках нескольких систем и площадок
- Ручной ввод данных или инкрементальный или массовый импорт данных
- Представления существующих, измененных или новых данных, ориентированные на рабочий процесс
- Несколько одновременных сессий записи данных различными пользователями на разных консолях интерфейса пользователя Spectrum Power

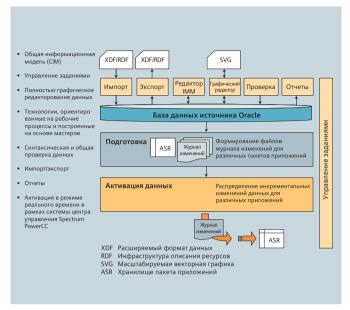


Рис. 7.2-4: Обзор функций ІММ

- СІМ-совместимая модель данных позволяет легко включать будущие типы информации
- Управление жизненным циклом для запланированных изменений данных
- Средства управление версиями структуры данных и автоматического архивирования модели данных обеспечивают ведение истории изменений, а также предлагают обзор к запланированной модели в определенное время в будущем, чтобы отразить эволюционный характер моделей
- Автоматическое обнаружение изменений
- Автоматическая проверка данных и проверка данных по запросу обеспечивают согласованность информации и целостность модели
- Активация изменений данных без воздействия на систему оперативной среды выполнения Spectrum Power
- Автоматическое широкое распространение изменений данных системой Spectrum Power
- Средства безопасности на основе ролей и записи аудита
- Права доступа на уровне экземпляров обеспечивают четкие обязанности в рамках всей модели данных
- Изменение дисплея (главной схемы) и автоматическое формирование отображения на основе топологии модели сети
- Формирование отчетов
- Диспетчер иерархической модели поддерживает автоматическое хранение и обмен измененными данными в системе с иерархически организованными диспетчерскими центрами, предотвращая несоответствия модели между организациями или в рамках одной организации

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Интерфейс пользователя

Пользовательский интерфейс системы управления Spectrum Power реализует мощные функции обзора в любой момент времени и быстрого и легкого переключения между представлениями во всех схемах сети. Пользовательский интерфейс предоставляет пользователю возможность эффективной эксплуатации сетей и электростанций, а также позволяет администратору сохранить параметры базы данных и системы. Система использует статические и динамические элементы для отображения структуры сети и её состояния. Пользовательский интерфейс предоставляет средства для направления оператора по рабочему процессу, например, путем проверки возможности коммутации после каждой шага эксплуатации. Операции между разными экранами с поддержкой функций перетаскивания дают оператору хороший обзор энергосистемы и обеспечивают быстрый и удобный доступ к необходимому оборудованию (рис. 7.2-5).



Рис. 7.2-5: Типичное окружение диспетчерского центра

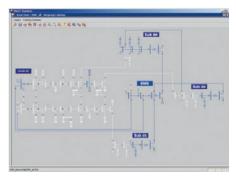


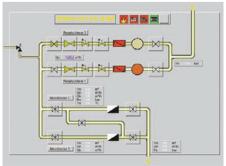
- Все отключения с первого взгляда
- Легкий доступ к подробной информации по отключению
- Посмотреть, что делают другие (дорожные работы, строительство...)
- Положение бригад
- Информация об освещении
- Поиск адреса

Картографический портал Spectrum Power представляет собой гибкую платформу для представления геопространственных данных в центре управления для корпоративных пользователей. Существует связь между системой управления Spectrum Power и Google Maps, которая обеспе-

- Веб-сервера для встраивания карт Google в корпоративные веб-сайты
- Дополнительные системы базы данных для объединения информации из различных ресурсов, таких как
 - Spectrum Power
 - Системы управления отключениями
 - Системы архивирования
 - Системы управления рабочей силой
- Интерфейсы для:
 - Вызова карт Google Maps из схем и карт Spectrum Power

Рис. 7.2-6: Пример визуализации отключений





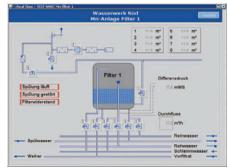


Рис. 7.2-7: Примеры визуализации электрических сетей, газо- и водопроводов

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Интерфейс связи

Коммуникационный процессор (CFE) Spectrum Power служит для связи с периферийным оборудованием. Он является частью системы центра управления и общается с другими подсистемами Spectrum Power через локальную сеть (ЛВС). СFE имеет прямой доступ к удаленным терминалам (RTU) различных производителей. Через эти RTU центр системы управления подключается к подстанциям или электростанциям, которые передают технологические данные энергосистемы. СFE предварительно обрабатывает данные в режиме реального времени и контролирует системы, включая резервные компоненты.

СFE поддерживает различные подключения удаленных устройств, такие как, точка-точка, несколько точек-точка и многоточечные. Передача может быть спонтанной, циклической, периодической или сканированием. Интерфейс процесса может обрабатывать несколько протоколов, таких как МЭК 870-5-101 или протокол измеряемых значений МЭК 870-5-102. Оборудование подстанции (RTU, система автоматизации), укомплектованное интерфейсом ТСР/IP, соответствующим стандарту МЭК 60870-5-104, может быть подключено через каналы глобальной сети непосредственно к ЛВС СFE. Возможны двухканальные и многоканальные подключения (рис. 7.2-8).

- Следующие данные участвуют в процессе предварительной обработки:
- Обнаружение изменений состояния при техническом обслуживании (сравнение старых/новых сообщений о состоянии; пересылка только при изменении)
- Подавление промежуточных позиций (изменяемое время мониторинга)
- Проверка правдоподобности всех числовых значений (сообщение об ошибке при неверных данных или нарушении пределов)
- Мониторинг пороговых аналоговых значений (проходят только если превышено заданное пороговое значение)
- Сглаживание измеренных значений (параметрируемая функция фильтрации)
- Результирующее значение получается на основании необрабо-

танных значений, с помощью конкретных характеристик

- Проверка обновления циклически передаваемых значений
- Преобразование типов информации для активированных *I* деактивированных индикаторов и индикаторов переходных процессов
- Обработка и синхронизация времени. Сервер СFE регулярно получает абсолютное время. Подстанции синхронизируются через приемник сигнала времени или с помощью телеграмм синхронизации отдельных протоколов. Вся информация хранится в системе с разрешением 1 мс.
- Мониторинг удалённых терминалов, коммуникационных соединений и компонентов системы

Связь между центрами управления по ICCP и ELCOM

Во всем мире растет необходимость обмена технологическими данными между центрами управления, часто от различных производителей. Примерами являются центры иерархического управления, взаимодействие сетей, энергетический обмен между поставщиками или использование внешних биллинговых систем.

Де-факто были приняты стандартные протоколы связи для связи центров управления, например, ELCOM-90 и ICCP. Протокол ICCP был определен в качестве международного стандарта (МЭК 870-6 TASE.2) и теперь широко акцептируется и используется во всём мире.

Протокол связи центров управления (ICCP) предназначен для обмена данными через глобальные сети (WAN) между центром управления энергопредприятия и другими центрами управления. Примерами других центров управления могут быть соседние энергопредприятия, энергетические пулы, региональные диспетчерские центры и генерирующие предприятия. К числу передаваемых данных могут относиться циклические данные, данные реального времени и команды диспетчерского управления, такие как измеренные значения и сообщения оператора.

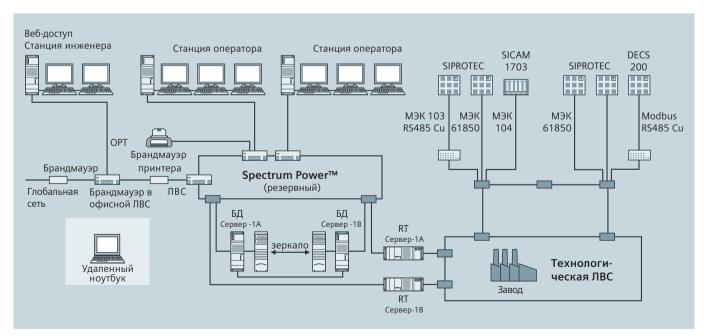


Рис. 7.2-8: Пример конфигурации оборудования системы управления электроснабжением

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Обмен данными происходит между сервером SCADA/EMS/D MS одного центра управления и сервером другого центра управления. Сер вер ІССР отвечает за контроль доступа, когда клиент запрашивает данные. Один сервер ІССР может взаимодействовать с несколькими клиентами.

Контроль доступа к элементам данных между центрами управления осуществляется посредством заключения двусторонних соглашений. Двустороннее соглашение – это документ по результатам переговоров двух центров управления, включающий элементы (то есть, элементы данных и управления), который каждый готов передать другому.

Канал данных ІССР поддерживает конфигурации с резервированием, использование двойных серверов связи в режиме активного и резервного. Избыточная конфигурация поддерживает два физически отдельных пути между системой управления Spectrum Power и удаленной системой, обеспечивая резерв на случай, если путь первичных данных становится недоступным.

Система архивных данных

- Хранение технологических данных и обработка архивных данных является важной основой для различных функции системы управления (рис. 7.2-9 и рис. 7.2-10):
- Архивные данные позволяют проводить анализ трендов и общий анализ данных
- Приложения прогноза (например, прогноз нагрузки) в качестве входных данных требуется согласованный набор архивных данных
- Архивные данные позволяют проводить анализ происшествий, например, в случае возникновения нарушений в работе
- На основании архивных данных создаются отчеты и журналы
- Архивные данные используется для восстановления прошлых сценариев в качестве входных данных для исследований (например, исследование потока мощности)
- Архивные данные являются также важным вкладом в управление активами (например, мониторинг циклов технического обслуживания оборудования)

Аналоговые значения, накопленные и вычисленные значения (например, результаты модуля оценки состояния) могут храниться в системе архивной информации, наряду с информацией о состоянии и сообщениях (например, аварийных).

Данные, которые подлежат архивации, собираются из приложений (например, модуля оценки состояния) и SCADA. Данные могут собираться спонтанно или циклически. Основываясь на сохраненных данных, система архивной информации обеспечивает их агрегирование (минимум, максимум, среднее, интеграл, сумма) и расчеты. Отсутствующие или неправильные данные может быть введены или обновлены вручную.

Онлайн-часть системы обеспечивает мгновенный доступ к архивным данным. Срок хранения в этой онлайн части настраивается (обычно от 1 до 3 лет). Архивные данные, превышающие заданный срок хранения, можно хранить и загружать из так называемого долгосрочного архива.

Кооперативная «multisite» работа центров управление

В системе управления Spectrum Power с несколькими центрами управления оператор оснащен мощным инструментом для оптимизации управления энергосистемой. Например, можно передать управление энергосистемой частично или полностью от центра одного центра управления другому. Таким образом, можно разрабатывать и эффективно внедрять различные концепции работы в аварийных ситуациях. Такая возможность обеспечивает большую надежность системы (стратегии работы в чрезвычайных ситуациях) и вносит значительный вклад в снижение стоимости владения. Системы управления с несколькими диспетчерскими центрами могут быть реализованы при наличии двух или более центров управления и делают систему очень гибкой и динамичной. В аварийном случае каждая система продолжает работать автономно. После восстановления связи данные автоматически обновляется.

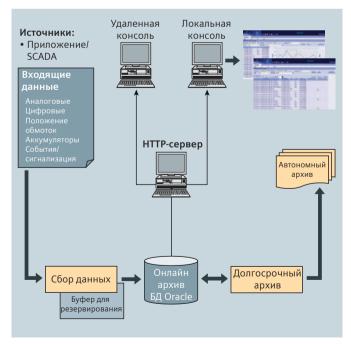


Рис. 7.2-9: Процесс архивирование в системе

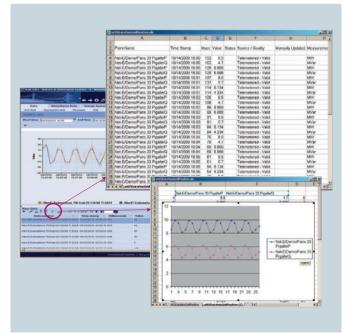


Рис. 7.2-10: Различные представления архивных данных в системе

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Учет энергии

Учет энергии (EA) обеспечивает возможность сбора, редактирования и хранения значений генерации, обмена и других показателей энергии на периодической основе. Эти показатели обрабатываются с учетом накопленных данных, собранных с полевых приборов, и контролируется SCADA. ЕА также выполняет различные статистические вычисления, например, расчеты стоимости энергии за несколько периодов времени (например, ежечасно, еженедельно, ежемесячно, ежегодно), для формирования отчетов и выставления счетов. ЕА предоставляет широкую поддержку редактирования, например отслеживание исходного значения, измененного значения, времени изменения, автора изменения, и т.д. для целей аудита.

Автоматическая разгрузка сети

Приложение разгрузки сети автоматически выполняет отключение нагрузки или части сети в случае определенных аварий и чрезвычайных ситуаций в целях сохранения стабильности системы. Оно анализирует состояние сети, обнаруживает значимые события, определяет нагрузку, которая будет отключена и готовит необходимые коммутационные действия. Стратегии действия в аварийных ситуациях могут быть настроены индивидуально. В зависимости от требований потребителя, может быть выбрана конфигурация от простого ручного решения до полностью автоматизированной системы обработки аварийных и чрезвычайных ситуаций.

- Возможны следующие стратегии:
- Ручная разгрузка сети
- Циклическая разгрузка сети (нехватка генерирующих мощностей в течение длительного времени)
- Разгрузка сети за счет перегрузки оборудования (задержки/
- шунтирования устройств отключения оборудования)
- Балансирующая разгрузка сети (отклонение от плана импорта, секционирование энергосистемы)
- Разгрузка сети при пониженной частоте (стабильность системы).

Приложения регулирования мощности

ЦеЦелью приложения регулирования мощности (РА) является поддержка регулирования частоты, т.е. стабильности энергосистемы (равновесия между производством и спросом), сохраняя оптимальную диспетчеризацию производства и запланированный обмен по соединениям энергосистемы. Приложения регулирования мощности поддерживают управление в одной области, в нескольких автономных областях и в иерархических областях. Для обеспечения этой обработки в реальном времени, приложения регулирования мощности реализуют несколько функций:

Регулирование частоты и мощности (LFC)

LFC реализует механизмы контроля, обеспечивающие поддержание равновесия между производством и потреблением в режиме реального времени. В основе LFC лежит ПИ-регулятор, который сочетая фактическое производство, обмен и частоту, вычисляет отклонение от равновесия, именуемые ошибкой области регулирования (АСЕ), и посылает соответствующие корректирующие сигналы генерирующей единице (одной, группе, виртуальной, и т.д.), участвующей в процессе регулирования для поддержания или восстановления равновесия. Корректировки будут рассчитываться с учетом ограничений работы нескольких генерирующих установок (базовая/целевая точка, ограничения эксплуатации и реагирования и т.д.). LFC также выполнит необходимые корректировки для удовлетворения критериев эффективности, как правило, определенных регулирующим органом, например NERC в США и UCTE в Европе (рис. 7.2-11).

Параллельно функция контроля производительности собирает все данные, связанные с исполнением такого автоматического регулирования по предварительно определенным критериям и хранит эту информацию для формирования отчетности согласно требованиям регулирующего органа.

Мониторинг стоимости производства (РСМ)

Функция РСМ вычисляет, как правило, стоимость производства, например, отклонения от оптимальной стоимости / запланированных затраты, для целей учета. В случае ISO/TSO функция может быть настроена на учет стоимости регулирующей мощности.

Контроль резерва (RM)

Функция RM вычисляет резервы производства и обмена и сравнивает их с требованиями. Требования обычно определяются регулирующим органом для обеспечения безопасности работы после потери энергоблока или линии передачи. Эти требования разделены на 2 или 3 категории, например горячий, вторичный и третичный резерв, характеризующиеся временем ответа, за которое такие резервы могут быть активированы. Резервы могут включать различные типы производства и обмена. К примеру, контроль пиков будет включен во вторичный резерв, а ограничение нагрузки - в третичный резерв.

Экономическая диспетчеризация (ED)

Функция ED оптимально распределяет производство для удовлетворения сальдо-перетока мощности, нагрузки системы и потерь в сети, с соблюдением действующих ограничений производства. В зависимости от действующего бизнеса, т.е. GMS, EMS или ISO/ TSO, цель ED будет отличаться от оптимизации производства и (или) регулирования расходов для оптимизации прибыли. Функция ED также будет работать в различных режимах диспетчеризации, в каждом из которых будет свой набор генерирующих мощностей, например, действующие блоки под управлением АGC и в экономичном режиме, действующие блоки в автоматическом режиме управления и действующие блоки станций, и др.

Приложения прогнозирования

Приложения прогнозирования используются для прогнозирования нагрузки в системе (то есть области и группы потребителей), притока воды (гидростанций) и ветрогенерации как основу для планирования производства и энергообмена. Эти приложения также используются при поддержке работы, например, при изменении условий в реальном времени.



Рис. 7.2-11: Приложение автоматического управления генерацией с регулированием мощности

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Описанные ниже приложения прогноза нагрузки поддерживают, кроме электроэнергии, также такие ресурсы, как вода и газ; поддерживают несколько одновременных пользователей, предоставляют окружение для работы с прогнозом до его оперативного использования в режиме реального времени; а также предусматривают корректировки прогноза (например, масштабирование) и режим отслеживания прогноза (то есть в ближайшие несколько часов прогноз автоматически или вручную корректируется на основании наблюдаемых отклонений).

Среднесрочный долгосрочный прогноз нагрузки (MTLF/LTLF) MTLF используется для прогнозирования нагрузки на периоде от 1 недели до 2 лет, в то время как LTLF используется для прогнозирования нагрузки на периоде от 1 года до 5 лет. В обоих приложениях используется обработка исторических данных с множественным регрессионным анализом (один метод основан на модели ARIMA).

Краткосрочный прогноз нагрузки (STLF)

STLF используется для прогнозирования нагрузки на периоде от нескольких дней до 14 дней с шагом в 30-60 минут. Прогноз нагрузки поддерживает несколько алгоритмов прогнозирования (например, похожий день, шаблон и регрессионный анализ), которые могут использоваться отдельно или в настраиваемых пользователем сочетаниях и предоставляет оператору инструменты для редактирования прогноза.

Очень краткосрочный прогноз нагрузки (VSTLF)

VSTLF используется для прогнозирования нагрузки на периоде до 1-2 часов с малым шагом, например, в 5 минут. Методы, используемые в VSTLF, основаны на алгоритмах нейронной сети и их использование разделено на два этапа: этап обучения и этап прогноза. Обучение производится периодически в автоматическом режиме или по запросу.

Краткосрочный прогноз притока (STIF)

STIF вычисляет будущий приток в гидрологическую систему. На основе этих данных функция планирования (например, гидрологическое планирование) может рассчитать план для гидроэлектростанции.

Приложения планирования мощности

Цель приложений планирования (SA) заключается в оптимизации использования отдельных электростанций (тепловых, гидро) и внешних операций с мощностью таким образом, чтобы свести к минимуму общие эксплуатационные расходы или максимально повысить общую прибыль от продажи энергии после учета всех эксплуатационных ограничений и технического обслуживания.

Приложения планирования используют сложные комбинации смешанного-целочисленного программирования и последующего линейного программирования. Для рассмотрения нелинейных эффектов и ускорения процесса решения применяются специальные методы (рис. 7.2-12).

К числу приложений планирования относятся:

Планировщик ресурсов (RO)

Планировщик ресурсов оптимизирует либо среднесрочный план производства, включая операции с энергией по минимальной стоимости, или среднесрочные договоры поставки электроэнергии, включая торговлю электроэнергией для максимальной прибыли при условии оптимального использования энергетических ресурсов (топливо, вода, выбросы, и т.д.), с учетом эксплуатационных ограничений, прав на выбросы, и т.д.



Рис. 7.2-12: Планирование и управление производством энергии

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

RO, таким образом, определяет оптимальное расписание прозводства энергии, количество продаваемой энергии в рамках двусторонних соглашений, на форвардном и спотовом рынках, а также соответствующее потребление ресурсов (топлива, выбросов и т.д.).

Планировщик производства (GS)

Планировщик производства оптимизирует краткосрочный план и обязательства производства (тепловой и гидро), включая ценопринимающие контракты при условии соблюдения ограничений на обслуживание, прогнозируемую нагрузку, норму обязательных резервов, энергетические ресурсы (топливо, вода, выбросы, и т.д.) и ограничения выбросов.

Результаты (например, уровень водохранилища, накопленное топливо и т.д.) работы планировщика ресурсов в конце краткосрочного горизонта планирования используются как цели в приложении планировщика производства.

Неотъемлемой частью данного приложения являются соблюдение граничных параметров установок, гидрологическое планирование и координация гидро- и тепловых станций.

Планировщик торговли (TS)

Планировщик торговли похож на планировщик производства, за исключением оптимизации краткосрочной торговли энергии на спотовом рынке для максимизации прибыли.

Результаты также похожи, но касаются объемов энергии, предлагаемой в торгах на спотовом рынке.

Приложения для сетей передачи

Комплект приложений для передающих сетей (TNA) предлагает инструменты для усовершенствованного контроля, оценки безопасности и оперативного улучшение работы сети передачи электроэнергии. Они используются

- для обеспечения быстрой и комплексной оценки текущего состояния сети и улучшения мониторинга в рамках SCADA и за её пределами
- для оценки безопасности в случае сбоев и отключений
- для осуществления корректирующих мер в отношении запланированных / существующих событий
- для оптимизации работы в отношении расходов и потерь.

Эти приложения значительно повышают эксплуатационную надежность и эффективность управления сетью. ТNA автоматически реагирует на множество разных условий эксплуатации (безопасная, небезопасная, в чрезвычайной ситуации) для предоставления оператору соответствующей поддержки. Комплект приложений будет выполняться, в режиме реального времени, периодически, по наступлению событий и по запросу оператора как настраиваемая последовательность действий (рис. 7.2-13). Среди многих других функций TNA также поддерживает режим исследования, позволяя пользователям одновременно выполнять различные исследования, включая подготовку стратегии по исправлению положения, подготовку операционного плана на следующий день, анализа оперативных мероприятий после аварий и т.д.



Рис. 7.2-13: Последовательность ТNA реального времени

Обновление модели сети (NMU)

Обновление модели сети объединяет всю внешнюю и внутреннюю информацию, строит топологию сети и соответствующим образом обновляет данные сети, необходимые для создания условий эксплуатации, которые будут оцениваться приложениями оценщика состояния или потока мощности, т.е.:

- Сбор данных из SCADA и других внешних источников, таких, как AGC, прогноз нагрузки и планировщик отключений (настраивается пользователем в режиме исследования)
- Выполнение топологического анализа, включая определение электрических секций, включенного/отключенного оборудования и т.д.
- Соответствующее планирование всех сетевых нагрузок, производства, параметров и ограничений регулирования.

В режиме исследования получение данных настраивается пользователем и предлагает дополнительные варианты получения, обычно не применяемые в режиме реального времени.

Оценщик состояния (SE)

Цель этой функции заключается в предоставлении достоверного и полного решение сети на основании измерений в реальном времени, псевдо-измерений (например, смоделированной нагрузки), обновления модели (MU) и записей оператора. Оценщик состояния определит наблюдаемую часть сети, где измерения. выполняемые в реальном времени, избыточны. С помощью этой избыточности, оценщик состояния будет выявлять «плохие» измерения, удалять их из достоверного набора измерений, а затем проводить решение для всей сети, учитывая, для части сети, где наблюдение не выполнялось, изолированные измерения и нагрузки, производство и напряжение на шинах, назначенные функцией MU. Оценщик состояния также сигнализирует оператору о любых нарушениях эксплуатационных ограничений. Это также позволит другим приложениям разрабатывать надежные решения конкретных аспектов работы сети (например, корректирующие действия в отношении нарушений эксплуатационных пределов). Оценщик состояния включает:

- Алгоритм ортогонального преобразования
- Проверка совместимости измерений
- Проверка по критерию Хи-квадрат с нормализованным остатком или компенсацией измерений
- Решение за один проход
- Обеспечение соблюдения ограничений оборудования в ненаблюдаемых частях сети.

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Хотя важнейшая задача оценщика состояния заключается в обработке данных в реальном времени, Оценщик состояния может опционально исполняться в режиме исследования для, например, анализа происшествий.

Адаптация параметров сети (NPA)

Функция адаптации параметров сети (NPA) ведет базу данных адаптированной сети во времени, используемую функцией обновления модели сети для планирования обмена, нагрузки на шинах, регулируемого напряжения и состояния выключателей, зависящих от времени. NPA адаптирует эти данные сети в режиме реального времени с помощью экспоненциального сглаживания, используя результаты оценки состояния. Затем:

- В режиме реального времени параметры используются функцией обновления модели для планирования нагрузки и регулируемого напряжения на шинах, которые будут использоваться оценщиком состояния как псевдо-измерения на ненаблюдаемых шинах.
- В режиме исследования параметры используются функцией обновления модели для планирования нагрузки и регулируемого напряжения на шинах, которые будут использоваться в исследовании пользователя определенного дня и часа. Результаты затем используются функцией диспетчера потока мощности.

Диспетчер потока мощности (DPF)

DPF используется для оценки состояние сети в различных условиях эксплуатации в настоящем или в будущем, например, в плане работы на завтра. Он используется исключительно в исследовании и, как правило, в сочетании с другими приложениями, например, анализ безопасности и оптимальная мощность потока.

DPF решает либо – по выбору пользователя – с использованием быстрой оценки или алгоритма Ньютона-Рафсона. DPF обеспечивает поддержку, среди многих стандартных функций,

- Непрерывных (например, генераторов) и дискретных контроллеров (LTC, конденсаторы, и т.д.);
- Составляющие и ветви постоянного тока (итеративный процесс между потоками мощности постоянного и переменного тока)
- Управления сальдо-перетоком, единое/распределенное ослабление, кривые генератора Мвар/МВт и т.д.

DPF предлагает множество выбираемых пользователем параметров для полностью гибкого анализа.

Оптимальный поток мощности (ОРF)

ОРГ используется для улучшения работы системы в нормальных (безопасных), а также ненормальных (небезопасных) условиях, посредством рекомендации корректировок регулирования для достижения любой из следующих целей оптимизации:

- БЕЗОПАСНОСТЬ: оптимизация активной и реактивной безопасно-
- ЗАТРАТЫ: оптимизация активной стоимости и реактивной безопасности
- ПОТЕРИ: минимизация потерь
- ПОЛНАЯ: оптимизация стоимости и оптимизация потерь

OPF решает минимизацию потерь с помощью оптимизации Ньютона, а другие виды оптимизации с помощью линейного программирования. ОРГ обеспечивает поддержку, среди многих стандартных функций:

- Ограничения и приоритеты управления
- Ослабление ограничений (например, пределов долгосрочных до среднесрочных и среднесрочных до краткосрочных)
- Автоматическая разгрузка сети

ОРГ предлагает также на выбор пользователя множество опций, обеспечивая полную гибкость в определении мер по исправлению положения для операционных нарушений и/или оптимизации условий безопасной эксплуатации. В зависимости от целей оптимизации, приложения ОРF можно определить как оптимизацию реактивной мощности или оптимизацию активной мощности.

Как было описано, ОРF используется только в режиме исследования, тогда как две настроенные версии, описанные ниже, предназначены для режима реального времени.

Планировщик напряжений (VS)

VS - это версия OPF, работающая в реальном времени. Она определяет оптимальное использование ресурсов ВАр и оптимальный профиль напряжения, который следует поддерживать, чтобы свести к минимуму нарушение рабочего напряжения или / и минимизировать потери сети. Для этой цели определяются оптимальные настройки элементов управления реактивной мощности, которые затем реализуются.

Когда цель заключается в том, чтобы облегчить нарушения напряжения, реализуется минимальное смещение элементов управления с указанным уставок (метод наименьших квадратов). Для этой цели VS минимизирует целевую функцию, состоящую из суммы квадратичных кривых «стоимости» для всех переменных управления. Каждая такая кривая «стоимости» ухудшает соответствующую переменную управления, сдвигая её от целевого значения. Кривые «стоимости» взвешиваются по коэффициенту, указанному для каждой переменной элемента управления.

Управление корректировкой (RD)

RD - это версия OPF, работающая в реальном времени. Она определяет оптимальное использование ресурсов МВт и оптимальный профиль нагрузки, который следует поддерживать, чтобы свести к минимуму перегрузки или / и минимизировать эксплуатационные расходы. Для этой цели определяются оптимальные настройки элементов управления реактивной мощности, которые затем выводятся для реализации в разомкнутом или замкнутом контуре. Обратите внимание, что набор ограничений перегрузки может автоматически расширяться, чтобы включить ограничения перегрузки ответвлений, соответствующие критически загруженным ответвлениям (коэффициент критической загрузки определяется пользователем).

Так же, как и в случае VS, когда цель заключается в том, чтобы облегчить перегрузки, реализуется минимальное смещение элементов управления с указанными уставками (метод наименьших квадратов). Для этой цели RD минимизирует целевую функцию, состоящую из суммы квадратичных кривых «стоимости» для всех переменных управления. Эта «стоимость» формируется и обрабатывается так же, как описано для VS.

В основном RD обеспечивает оптимальную диспетчеризацию аналогично обычной экономической диспетчеризации (ED). По сравнению с ED, однако, оно также принимает во внимание сетевые ограничения по нагрузке. Это особенно полезно в обычно сильно загруженных системах, а также во время ситуаций с исключительно высокой нагрузкой, например, вследствие выхода из строя генерирующих единиц или линий электропередачи.

Анализ безопасности (SA)

Цель этой функции состоит в определении безопасности системы с учетом очень большого количества непредвиденных обстоятельств (например, критерий n-1). Оценка возможных последствий аварий в сложнозамкнутых передающих сетях является всеобъемлющей задачей, поскольку для того, чтобы получить надежный результат, необходимо учесть большое число непредвиденных обстоятельств (одиночные отключения и множественные отключения). С другой стороны, обычно лишь

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

очень немногие из возможных чрезвычайных ситуаций имеют на самом деле решающее значение, и поэтому большая часть вычислений может быть потрачена впустую. Для преодоления этой трудности, используется двухэтапный подход. Выполняются две подфункции SA:

- Скрининг непредвиденных обстоятельств (CS) определяет рейтинг непредвиденных обстоятельств из списка согласно ожидаемым нарушением пределов. Для этой цели выполняется быстрый расчет потока мощности (пользователь определяет количество итераций).
- Анализ последствий аварий (СА) проверяет непредвиденных обстоятельства из списка, сформированного подфункцией СЅ. Для каждого из этих непредвиденных обстоятельств выполняется полный расчет потока мощности.

Анализ безопасности поддерживает, среди прочих функций:

- Пользовательские непредвиденные обстоятельства и списки контролируемого оборудования
- Одиночные и множественные непредвиденные обстоятельства
- Автоматическое моделирование непредвиденных обстоятельств соответствующего нарушениям в реальном времени
- Условные непредвиденные обстоятельства
- Передача нагрузки и перераспределение генераторов
- Моделирование регулирующих контроллеров (LTC,...)
- Обход скрининга непредвиденные обстоятельства

Превентивный анализ безопасности (SL)

Реализует ту же функцию, что и SA, но учитывает в базовом случае отключения от графика отключений, которые запланированы в течение настраиваемого временного окна. SL предоставляет оператору воздействие плановых ремонтов на безопасность работы энергосистемы (которые могут отличаться от условий, используемых для проверки графика отключений). В случае, если запланированное отключение создаёт риск оперативной работе, оператор может принять решение об отмене отключения, переносе времени отключения или о принятии превентивных мер, позволяющих выполнить запланированное отключение в намеченные сроки.

Чувствительность сети (NS)

Цель этой функции заключается в вычислительной поддержке и управлении штрафными коэффициентами для использования в приложениях регулирования мощности (ПА) и приложениях планирования (SA). Штрафные коэффициенты используются для учета потерь в сети передачи в расчетах диспетчеризации генерации при минимизации стоимости. Эта функция NS выполняется автоматически как часть приложений сети, выполняемых в реальном времени. Она вычисляет чувствительность потерь системы к изменениям генерирующей мощности и сальдо-перетоках с соседними энергосистемами для текущего состояния сети. Затем она, с помощью экспоненциального сглаживания создает базу данных о чувствительности для ряда диапазонов нагрузки системы и диапазонов межсетевого обмена. В режиме реального времени NS функционирует с модулем оценки состояния сети, а в режиме исследования - с модулем расчета распределения потока мощности.

Расчет повреждений (FC)

Эта функция предназначена для расчёта тока короткого замыкания и вклада тока короткого замывания для одиночных или множественных повреждений (выбирается пользователем). Оператору предоставляется нарушение интенсивности отказов в месте короткого замыкания и вблизи него. Значения короткого замыкания сравниваются с номинальными значениями всех выключателей, подключенных к неисправной шине. Также рассчитывается вклад твклад тока короткого замыкания из ответвлений

и генерирующих блоков вблизи неисправных шин, его тоже можно сравнить с соответствующими номинальными значениями. FC включает, среди прочих функций, влияние взаимно спаренных линий, моделирование сопротивления коротких замыканий и замыканий на землю, а также сочетание коротких замыканий с обрывом одной линии.

Тренажер оператора (OTS)

- В основе ОТЅ лежат 4 ключевых компонента (рис. 7.1-9, раздел 7.1.1):
- Функция учебного управления
- Моделирование энергосистемы
- Модель телеуправления
- Система управления мощностью (копия)

Учебный компонент управления предоставляет инструменты для создания учебных сессий, выполнения учебных занятий и обзора деятельности обучаемого. Он предоставляет средства для:

- инициализации учебного занятия, например, на основании данных реального времени или сохраненного случая
- определения профиля нагрузки системы
- создания последовательности событий, например размыкания выключателя, сбой телеметрии и т.д., которые могут произойти либо по времени, либо по событию, либо по команде
- создания сценариев обучения, т.е. ряда последовательностей событий, которые будут активированы во время обучения.

Он также предоставляет функции пуска/останова и паузы/возобновления выполнения учебного занятия. Во время обучения тренер может создать новые события и/или модифицировать работающий сценарий.

Компонент моделирования энергосистемы обеспечивает реалистичное моделирование поведения энергосистемы в целях поддержки обучения, от нормального режима эксплуатации до режима чрезвычайной операции, включая условия секционирования энергосистемы и восстановления после отключения. Моделирование построено на основе долгосрочной динамической модели энергосистемы, включая:

- Моделирование нагрузки с зависимостью напряжения и частоты;
- Моделирования производства электроэнергии с моделями регулятора частоты вращения турбины, котла/турбины и генератора;
- Моделирование частоты;
- Моделирование регулятора напряжения;
- Моделирование реле защиты;
- Моделирование LFC внешней компании.

Компонент моделирования телеметрии обеспечивает моделирование передачи данных между энергосистемой и системой управления. Он передаёт результаты моделирования энергосистемы в копию системы управления как модель полевых устройств телеметрии. Также он обрабатывает все команды, выданные SCADA (оператором), LFC и т.д., и передает их в модель энергосистемы. Тренер может изменить эту модель телеметрии с помощью конструктора сценариев с учетом погрешности измерений, телеметрии или сбоев RTU, и т.д.

Тренажер оператора предлагает выделенную среду для обучаемого (оператора) и среду для преподавателя, которая позволяет преподавателю влиять на процесс с целью стимуляции ответов обучаемого. Интерфейс обучаемого идентичен системе управления, так что для обучаемого нет никакой разницы в функциональности и удобстве между обучением и реальной работой.

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Приложения для управления распределением электроэнергии

Средства телеметрии в распределительных сетях относительно ограничены; при этом интенсивность отказов, равно как и частота изменений в сети остаются достаточно высокими. Для удовлетворения этих требований в Spectrum Power реализованы мощные функции поддержки эффективной и результативной работы оператора в распределительной сети.

Управление повреждениями

Управление повреждениями представляет собой набор приложений, используемых для обнаружения повреждений в системе, изолирования участков сети, либо аварийных, либо для плановых отключений, а также восстановления энергоснабжения на ранее отключенных участках.

Основные функции управления повреждениями:

- Обнаружение места повреждения
 Как можно более точный поиск неисправной секции или области сети
- Изоляция повреждения
 Изоляция планового отключения или неисправной секции или области сети
- Восстановление энергоснабжения
 Восстановление энергоснабжения в обесточенных неисправных областях сети
- Изоляция повреждений и немедленное восстановление
 Изоляция неисправных областей и немедленное восстановление энергоснабжения обесточенных областей изолированной сети без повреждений
- Восстановление нормального состояния или состояния перед повреждением
 Восстановление выбранного количества переключений в нормальное состояние или состояние перед повреждением

Обнаружение места повреждения, как часть приложения управления сбоями, помогает обнаружить место неисправности. Рассматриваются неисправности с отключением (например, короткие замыкания), а также неисправности без отключения (например, обрыв заземления). Обнаружение места повреждения выполняется с помощью измеренной (устройства РЗА, индикаторы неисправности) или заданной вручную (сообщения мобильных/ремонтных бригад) информации. Управление сбоями локализует неисправную секцию, насколько близко это возможно, на основе имеющихся данных реального времени от SCADA и/ или мобильных бригад.

Чтобы определить набор коммутационных операций, необходимых для изолирования участка сети, выполняется функция изоляции. Она инициируется путем указания неисправного участка, а также непосредственно через его выбор в интерфейсе пользователя и сводит к минимуму влияние неисправности на сеть.

Восстановление энергоснабжения предлагает возможный выбор коммутационных процедур, необходимых для восстановления питания. Для каждой коммутационной процедуры, предложенной системой, рассчитываются показатели эффективности на основе состояния сети.

Пользователь может выбрать способ ранжирования предлагаемых коммутационных процедур согласно одному или нескольким показателям эффективности, и выбрать лучший для восстановления энергоснабжения.



Рис. 7.2-14: Вид центра управления энергосистемой большой мощности

Коммутационные процедуры управления сбоями обычно передаются приложению управления коммутационными процедурами (SPM) для дальнейшей обработки, то есть, редактирования, обзора и реализации. Функции изоляции неисправностей и немедленного восстановления энергоснабжения могут также использоваться для изоляции сегмента по причине ремонтных работ.

Управление отключениями (ОМ)

Представляет собой набор функций, инструментов и процедур, которые оператор использует для управления обнаружением, определением местоположения, изоляции, коррекции и восстановления ошибок, возникающих в системе электроснабжения. OMS также используется для облегчения подготовки и разрешения плановых отключений сети. Эти процессы используются для ускорения выполнения задач, связанных с обработкой сбоев, которые влияют на сеть, а также обеспечивают поддержку операторов на всех этапах жизненного цикла неисправности, начиная от события, например, приема звонка о сбое или индикации неисправности SCADA, и до восстановления снабжения для всех потребителей. Этот процесс используется для решения об отключениях независимо от того, произошло ли отключение на уровне одного распределительного трансформатора, обеспечивающего снабжение одного или нескольких потребителей энергии, или на уровне первичной подстанции, обеспечивающей электроснабжения множества потребителей энергии. Все операции, разрешения и комментарии, которые происходят в этих процессах, документированы и собранных в журнале отказов. Эта информация становится доступным для внешних пользователей для дальнейшего статистического анализа и обработки. OMS обеспечивает автоматическую обработку журнала отказов, которая используется для отслеживания изменений в сети и имеет внутренний интерфейс для управления ремонтными бригадами или коммутационными процедурами. OMS также предоставляет интерфейс для внешних систем приема звонков о сбоях, а также SQL-интерфейс (рис. 7.2-14).

Управление коммутационными процедурами (SPM)
Позволяет оператору создавать, редактировать, выбирать, сортировать, печатать, выполнять и хранить коммутационные процедуры. Записи в системе управления коммутационными процедурами могут быть созданы вручную путем записи действий оператора в режиме моделирования путем изменения существующей процедуры или записи действий оператора в режиме

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

реального времени или автоматически приложениями, такими как FISR и системой OMS. Возможность управления коммутационными процедурами может использоваться для подготовки, изучения и выполнения восстановительных операций. Она также используется для выполнения коммутационных операций для смягчения условий сбоя и восстановления энергоснабжения после сбоя, а также оптимизации работы сети. SPM предоставляет возможности управления через лаконичные дисплеи и простые меню.

Управление ремонтными бригадами (СМ)

Эта система обеспечивает удобный доступ к информации, необходимой для отслеживания, связи и назначения работ (журнал отказов) ремонтных бригад энергокомпании. Информация включает такие данные, как, например, название бригады, рабочее задание и место расположения.

Управление звонками о технической помощи (TCM) Эта система обеспечивает удобный доступ и управление информацией, необходимой для ввода, отслеживания и обзора аварийных звонков, например документирование факта получения аварийного звонка, идентификация абонента. Предоставляется интерфейс для интерактивной работы с информацией во время аварийного звонка, например, получение сведений о клиенте и предварительный анализ аварии.

Приложения для распределительных сетей

Приложения для распределительных сетей (DNA) обеспечивают быстрый комплексный анализ и оптимизацию текущего состояния распределительной сети (рис. 7.2-15). Приложение расчет потока мощности в распредсети (DSPF) рассчитывает напряжения (величины и углы) для всех узлов (шин), активную/реактивную мощность для балансирующих узлов и углы реактивной мощности/напряжения для узлов с фотоэлектрическими генераторами. Все остальные электрические значения рассчитываются на основании напряжений узла и комплексных сопротивлений/проводимостей ответвления после решения DSPF. Наиболее важным результатом являются потоки активной/реактивной мощности через линии и трансформаторы, а также потери активной и реак-

тивной мощности, которые позволяют обнаруживать потенциальные нарушения ограничений.

DSPF используется для вычисления состояний сети в условиях различной нагрузки и конфигурации:

- Вычисление фактического состояния распределительных сетей с помощью измерений реального времени и текущей топологии
- Вычисление состояния распределительной сети в ближайшем будущем (прогноз) с фактической топологией, но нагрузкой, характерной для заданного времени
- Изучение состояния распределительной сети в ближайшем будущем, с отличной топологией (то есть, в зависимости от запланированного обслуживания) и значениями нагрузки в заданное время

Оценщик состояния распределительной системы (DSSE) предоставляет решение для наблюдения за фактическим рабочим состоянием сети и обеспечивает полное сетевое решение для дальнейшего анализа, например, оптимизации профиля напряжения

DSSE предоставляет статистические оценки наиболее вероятного значения активной и реактивной мощности нагрузки, с использованием существующих измеренных значений, коммутационных позиций и первоначального потребления активной и реактивной мощности нагрузкой энергосистемы.

Значения первоначального потребления активной и реактивной мощности нагрузкой обеспечиваются статическими кривыми нагрузки или расписанием нагрузки (созданных на основе нагрузочных кривых и измеренных значений/показаний счетчиков). Кроме того, DSSE оценивает рабочее состояние сети реального времени с помощью измеренных значений.

DSPF и DSSE могут выполняться в симметричных сбалансированных и в несимметричных несбалансированных распределительных сетях. Результаты DSPF/DSSE представлены на схеме сети и в табличной форме.

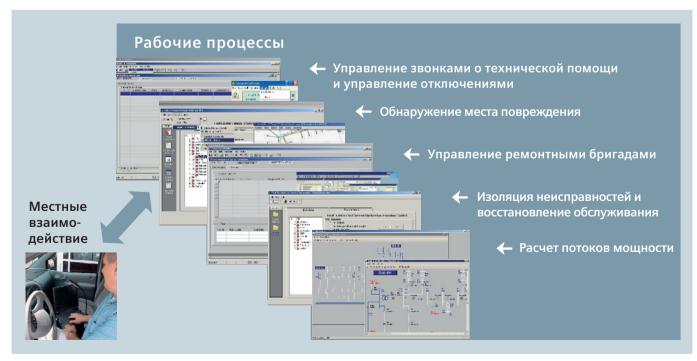


Рис. 7.2-15: Типовой рабочий процесс управления распределительной сетью

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Расчет короткого замыкания (SCC)

Это приложение позволяет оператору обнаружить возможные проблемы, связанные с коротким замыканием, проверить возможности выключателей и проверить, находятся ли токи заземления в допустимых пределах. Основываясь на результатах и предупреждениях расчета SCC, пользователь может инициировать или отклонить изменения в топологии сети.

Расчет SCC выполняется для симметричных или асимметричных коротких замыканий в симметричных сбалансированных и в несимметричных несбалансированных распределительных сетях. Функция SCC используется, чтобы определить:

- Максимальный ток короткого замыкания, который определяет номинальные показатели электрического оборудования (обычно выключателя)
- Минимальный ток короткого замыкания, который может быть основой для проверки чувствительности защиты или выбора предохранителей
- Расчет короткого замыкания в отдельных местах

Поддерживаются следующие типы короткого замыкания, и в каждом из них может выполняться расчет переходного сопротивления в месте короткого замыкания или сопротивления заземления, в зависимости от потребностей пользователя:

- 3-фазное короткое замыкание без земли
- 3-фазное короткое замыкание с землей
- 2-фазное короткое замыкание без земли
- 2-фазное короткое замыкание с землей
- 1-фазное короткое замыкание на землю, с заземленной нейтралью или без неё

Расчет SCC может запускаться по требованию для вычисления одного замыкания, а также может работать в режиме скрининга, в котором проверяется размыкающая способность, чувствительность защиты и токи замыкания на землю для выбранного участка или всей распределительной сети. Результаты SCC представлены на схеме сети и в табличной форме.

Контроль напряжения и реактивной мощности (VVC) Вычисляет оптимальные настройки регулятора напряжения LTC, состояния регуляторов напряжения и конденсаторов, оптимизирует работу согласно различных целей. Приложение поддерживает следующие цели:

- Свести к минимуму потери мощности распределительной системы
- Свести к минимуму потребность в мощности (уменьшить нагрузку при соблюдении заданного допуска напряжения)
- Максимизировать сгенерированную реактивную мощность в распределительных сетях (подача реактивной мощности на передающие/распределительные шины)
- Максимизировать доход (разница между продажей и стоимостью производства/закупки энергии)
- Поддерживать систему в пределах ограничений

Эксплуатационные ограничения системы, например, нагрузка на линии и ограничения напряжения потребителей, автоматически учитываются в виде штрафов. VVC поддерживает три режима работы:

- В режиме реального времени
- Этот режим призван обеспечить оптимальное решение, которое соответствует желаемой целевой функции.
- Режим исследования VVC «Что если?»

Этот режим призван обеспечить оптимальное решение, которое отражает текущее состояние распределительной сети с фактической топологией, но с различными значениями нагрузки.

• Исследование VVC

Цель этого режима - дать пользователю возможность выполнять краткосрочные оперативные исследования, с различными топологиями и различными значениями нагрузки.

На выходе приложения VVC выдается коммутационная процедура, реализующая решения и значения целевых функций до и после оптимизации. В режиме реального времени VVC поддерживает управление как в разомкнутом контуре (VVC предлагает коммутационные действия), так и в замкнутом контуре (VVC фактически инициирует команды для коммутационной аппаратуры). Результаты работы, например, значения потоков мощности, токов, напряжений и потерь отображаются на сетевых диаграммах и в табличном виде.

Оптимальная конфигурация фидеров (OFR)

Цель данного приложения заключается в повышении надежности работы распределительной системы, качества мощности и эффективности распределительной системы путем перенастройки питающих фидеров. OFR выполняет многоуровневую перенастройку для достижения одной из следующих целей:

- Оптимально разгрузить перегруженный участок (удаление нарушений ограничений)
- Выполнить балансировку нагрузки между питающими трансформаторами подстанции
- Минимизация потерь питающей линии
- Сочетание последних двух целей (балансировка нагрузки и минимизация потерь), где каждая цель включена в общую сумму с указанным пользователем весовым коэффициентом или весовым коэффициентом, указанным по умолчанию

Эксплуатационные ограничения системы, например, нагрузка на линии и ограничения напряжения потребителей, автоматически учитываются в виде штрафов. ОFR поддерживает два режима работы: В интерактивном режиме приложение использует существующие измерения в реальном времени и текущую топологию. В режиме исследования оператор может имитировать краткосрочные оперативные изменения топологии и/или измерений. На выходе приложения ОFR выдается коммутационная процедура, реализующая изменение конфигурации и значения целевых функций до и после перенастройки.

Оптимальное размещение конденсатора (ОСР)

Цель данного приложения заключается в оптимизации размещения конденсаторов – рассчитываются оптимальные места установки (выбор шин), оптимальные уставки регулятора и оптимальные характеристики конденсаторных батарей.

ОСР может оптимизировать размещение как мобильных конденсаторов для плановых и неплановых отключений, так и стационарных конденсаторов. При определении шинопроводов, на которых должны быть размещены конденсаторные батареи, калибровке конденсаторов и определении положения регуляторов конденсаторных батарей, ОСР учитывает минимизацию потерь активной мощности, а также пределы коэффициента мощности и напряжения. ОСР запускается по запросу пользователя.

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Результаты ОСР представляются на схеме сети и в табличной форме.

Анализ безопасности распределительной сети (DSA) Цель данного приложения заключается в определении влияния сбоев (незапланированных отключений), а также плановых отключений на безопасность распределительной сети.

DSA оценивает

- Безопасность N-1 во всех частях распределительной сети
- Безопасность процедур упрощенного восстановления энергоснабжения на основании текущего резерва
- Безопасность сценариев перенастройки (обратный ток, стыковка подстанций и т.д.)
- Безопасность предопределенных процедур восстановления
- Безопасность запланированных коммутационных процедур

DSA имитирует одиночные, множественные и каскадные / условные отключения, а также отключения распределенных генерирующих мощностей.

Приложения экспертной системы

Экспертная система Spectrum Power поддерживает оператора в решении критических и сложных задач в области анализа неисправностей и работы сети (рис. 7.2-16). Приложение экспертной системы Spectrum Power реализует две функции, интеллектуальной обработки сигнализации (IAP) и экспертной системы интеллектуальной эксплуатации сети (ANOP).

IAP предоставляет сведения о месте неисправности в случае нарушений в работе сети. Он основан на иерархической, многоуровневой архитектуре решения проблем, которая сочетает в себе методы моделирования и эвристические методы, и работает с объектно-ориентированной структурой данных. В рамках диагностики IAP определяет местоположение и тип нарушений работы электрических сетей, например, неисправность в трансформаторе. Модель, используемая IAP, соответствует модели системы защиты. Это обеспечивает дополнительные преимущества мониторинга исправности работы системы защиты. Результаты диагностики отображаются в списке отчета XPS.

Интеллектуальная эксплуатации сети (ANOP)

Эта система поддерживает следующие операции диспетчера сети:

- Автоматически срабатывающие операции для:
- Автоматической изоляции неисправностей и восстановления энергоснабжения
- Автоматического снятия перегрузки
- Операции, включаемые вручную для:
- Ручной изоляции неисправностей и восстановления энергоснабжения (сбой триггера)
- Плановых отключений (вывода из строя)
- Ослабления нагрузки
- Пополнение (включение)

Алгоритм ANOP управляет всеми типами распределительных сетей – для городских или сельских, небольших сетей или больших сетей, с радиальной или контурной конфигураций. Он может использоваться в сетях с телеметрией, а также в сетях без телеметрии. Алгоритм полностью универсальный, учитывает фактическое состояние сети (топология, значения, пометки оператора) и представляет достоверное и комплексное решение для данной задачи, принимая во внимание все электрические и эксплуатационные требования. Алгоритм разрабатывает лучшую стратегию для данной ситуации и рассматривает все необходимые шаги для достижения решения, которое выполняет задачу безопасным, полным и эффективным образом.

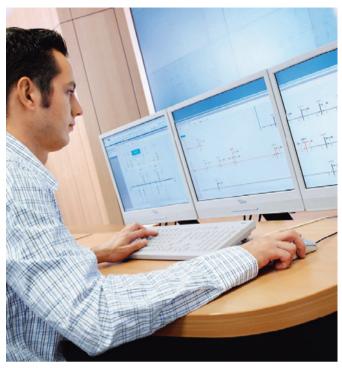


Рис. 7.2-16: Экспертная система Spectrum Power поддерживает оператора в решении критических и сложных задач

Каждый шаг проверяется расчетом соответствующего распределения потока мощности; учитывается выбранное оборудование. Предлагаемое решение изменяет фактическую топологию сети минимальным образом. В исключительных случаях, в которых полное решение недоступно в фактических обстоятельствах, оценивается частичное решение, снова принимая во внимание все электрические и эксплуатационные требования. Результаты отображаются в списке отчета XPS и в списке баланса XPS, создаётся коммутационная процедура и вставляется в приложение управления коммутационными процедурами.

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

7.2.2 Система управления общей информационной моделью (CMMS)

Параллельно с либерализацией энергетических рынков, постоянно растет потребность совместного использования данных, не только для того, чтобы обслуживать собственные предприятия, но и для реакции на потребности внешних субъектов. Иногда эти потребности определяются промышленными предприятиями. А в последнее время все чаще обусловлены требованиями отрасли, принятыми контролирующими органами, например Национальной комиссией регулирования электроэнергетики и Федеральной комиссией по регулированию в области энергетики США.

Компания Siemens готова к использованию общей информационной модели и интеграции платформ для оптимизации преимуществ, а также для реализации интеллектуальных сетей на основании распределительных энергосетей. При разработке первого в своем роде продукта, Система управления общей информационной модели (Spectrum Power CMMS), компания Siemens собрала в одну модель данных модели планирования и эксплуатации сетей распределения и передачи, а также представила возможности редактирования и отслеживания модель с синхронизацией по времени, позволяя получить модель системы, в любой временной точке в будущем или в прошлом, при планировании или эксплуатации.

Теперь компания Siemens меняет мышление разработчиков моделей, которые ранее мыслили в категориях традиционной модели сети, где свойства отдельных активов объединяются в более крупный компонент модели (то есть заграждающий фильтр, подземные кабельные сегменты, сегменты воздушных линий, которые объединяются в одну «Линию передачи» в модели сети — в результате отдельные активы теряют свои уникальные свойства), к категориям сети, которые на самом деле являются равноправными взаимосвязанными активами. Такой переход мышления приводит к оптимизации надежности, эффективности и потребления ресурсов.

Система Siemens Spectrum Power CMMS предоставляет инстру менты и средства автоматизации для эффективного управления обменом, проверкой, утверждением и вводом в эксплуатацию изменений модели передающей сети в рамках TSO/ISO и отделами планирования и эксплуатации поставщиков передающих и распределительных услуг. CMMS позволяет создавать, управлять и синхронизировать данные модели сети из одного общего источника - поддерживая системы и приложения энергопредприятия, например планирование сети, рациональное использование энергии, рыночные операции, права на доходы в случае перегрузки, планирование отключений и т.д.

СММЅ также обеспечивает основу для управления информацией в интеллектуальных сетях. Архитектура на базе СІМ предоставляет единую модель, проверяемые записи изменения модели, уровень утверждения для изменения модели, а также широкие возможности документирования модели. Она обеспечивает хронологическое отслеживание модели в полностью открытой среде, позволяя всем приложениям совместно использовать сервисы и данные. Это значительно уменьшает количество ошибок моделирования, улучшает координацию и рационализирует процессы изменений передающей сети. Это обеспечивает обмен информацией на уровне гораздо выше бумажного документооборота или обмена файлами, которые используются сегодня.

CMMS интегрирует продукты Управление информационной моделью (IMM) и Модели расширений Siemens (MOD) в едином пакете. IMM формирует и поддерживает изменения действующей сетевой модели, в то время как MOD отслежи вает модели планирования и планирование всех изменений. Комплексный пакет предоставляет согласованные, скоординированные модели для

любой точки во времени, основанные на датах запланированных изменений в системе (рис.7.2-17). Модели на моменты времени могут быть экспортированы в требуемые приложения на основе СІМ (МЭК 61970 и МЭК 61968).

Основные функции и возможности:

- Представление модели на базе промышленного стандарта СІМ
- Синхронизированное хронологическое отслеживание модели из будущего в прошлое
- Единая модель, интегрирующая планирования, проектирование, эксплуатацию, рынок и т.д.
- Отправка изменений модели сети в электронном виде упрощает обмен между TSO/ISO и региональными DSO.
- Разработка модели планирования для TSO /ISO, объединяющая текущие региональные рабочие модели с предлагаемыми планами в регионе. Эта модель может использоваться в качестве основы для оценки надежности сети, с реализацией изменений сети с течением времени.
- Электронные утверждения/ уведомления об отклонении предоставляют электронные уведомления DSO, когда план будет утвержден или отклонен. Если план будет отклонен, будут определены причины отклонения, чтобы DSO смог своевременно изменить и повторно представить план.
- Утвержденные планы находятся в хранилище с безопасным доступом. DSO может получить доступ к утвержденным планам из хранилища и использовать их для разработки эксплуатационного плана, необходимого для работы.

Управляемые изменения между планированием и работой в пределах DSO обеспечивают упрощённую электронную координацию планирования изменения модели, которая будет введена в эксплуатацию как операционная модель реального времени.

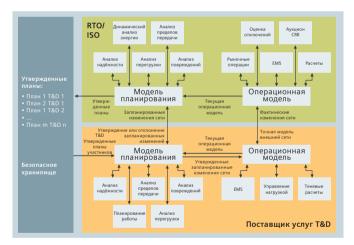


Рис. 7.2-17: Методология общей модели

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

7.2.3 Децентрализованная система управления энергией (DEMS)

Параллельно с либерализацией энергетических рынков, децентрализации производства электроэнергии, тепла и холода становится все более важной. Производство этих видов энергии рядом с потребителями предлагает экономические и экологические преимущества. В этом контексте интерес направляется на так называемые виртуальные электростанции. Виртуальная электростанция представляет собой совокупность малых и очень малых децентрализованных энергоблоков, контролируемых и управляемых системой управления производством и распределением энергии более высокого уровня. В общем случае, эти блоки производят не только электричество, но и тепло и холод (рис. 7.2-18).

Успешная работа виртуальной электростанции требует следующего технического оборудования:

- 1. Система управления производством и потреблением энергии, которая отслеживает, планирует и оптимизирует работы децентрализованных силовых агрегатов
- Система прогнозирования нагрузки, которая способна рассчитывать очень краткосрочные прогнозы (1 час) и краткосрочные прогнозы (до 7 дней)
- 3. Система прогнозирования производства возобновляемых источников энергии. Этот прогноз должен уметь использовать прогнозы погоды для того, чтобы предсказать производительность ветряных электростанций и солнечных батарей
- 4. Система управления энергетическими данными, которая собирает и хранит данные, которые требуется для оптимизации и прогнозирования, например, профилей производства и нагрузки, а также контрактных данных для снабжения потребителя
- 5. Мощный интерфейс связи системы управления производством и потреблением энергии с децентрализованными силовыми агрегатами

Во-первых, виртуальной электростанции требуется двунаправленная связь между децентрализованными силовыми агрегатами и центральной системой управления производством и потреблением энергии. Для более крупных установок можно использовать обычные системы телеметрии, основанные на протоколах МЭК 60870-5-101 или 60870-5-104. В будущем, с увеличением числа небольших децентрализованных энергоблоков, каналы связи и протоколы будут играть более важную роль. Вполне вероятно, что обычное дорогостоящее оборудование телеметрии будет заменено другими методами на основе простых адаптеров TCP/ IP или на основе силовых линий в качестве транспорта данных. Компания Siemens способствует введению нового стандарта «МЭК 61850-7-420 ред.1: Коммуникационные сети и системы на подстанциях - часть 7-420: Коммуникационные системы для распределенных энергетических ресурсов (DER) - Логические узлы».

Для всех приложений операционного планирования и составления диспетчерских графиков требуются достаточно точные прогнозы. Для параметрирования прогноза используется несколько операционных показателей, таких, как средняя погрешность прогноза в день или абсолютная погрешность в день или на периоде прогнозирования. В зависимости от основной цели виртуальной электростанции, требования к методам прогнозирования могут изменяться. Если основная цель состоит в снижении пиковой нагрузки или балансировании энергии, прогноз должен быть очень точным в пиковое время или время с высокими ценами на балансирующую энергию. Кроме того алгоритмы прогнозирования должны уметь быстро приспосабливаться к новым ситуациям. Например, виртуальная электростан-

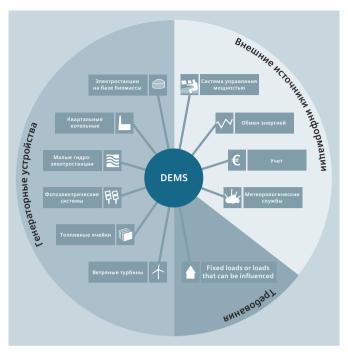


Рис. 7.2-18: Элементы децентрализованной системы управления энергией (DEMS)

ция, эксплуатируемая энергосервисной компанией должна иметь возможность рассматривать изменения в структуре клиентов.

На основе результатов работы алгоритмов прогноза и фактического положения виртуальной электростанции, нагрузка в зоне ответственности может снабжаться с помощью децентрализованных силовых агрегатов и существующих энергетических контрактов. Это сложная и повторяющаяся задача. Поэтому используются компьютерные методы исследования и оптимизации. Это самый важный компонент виртуальной электростанции, потому что он реализует и использует возможности оптимизации.

Специальная структура виртуальной электростанции предъявляет высокие требования к математической модели оптимизации. Модели должны быть очень точными, потому что грубые модели могут дать результаты оптимизации, которые не могут быть реализованы в энергосистеме. Поскольку виртуальная электростанция должна работать в автоматическом режиме для оперативного управления децентрализованными силовыми агрегатами, например, для компенсации дисбаланса, оператор не может проверить и исправить результаты. Кроме того, возможности оптимизации могут использоваться только в случае, если пакет оптимизации сможет определить решение циклически в течение расчетного периода.

Исходя из требований, определенных в предыдущем разделе, был разработан пакет программного обеспечения для управления децентрализованной генерацией под названием DEMS. Система DEMS не предназначена быть заменой для всего возможного оборудования автоматизации, необходимого для функционирования компонентов виртуального электростанции. Должно работать, по крайней мере, локальное оборудование автоматизации, которое будет реализовывать основные операции децентрализованных силовых агрегатов для обеспечения безопасности компонента и личной безопасности в отсутствие системы DEMS.

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Компоненты/блоки виртуальной электростанции и топология их энергетического потока топологии моделируются в DEMS в некоторых классах элементов модели, например, конвертер единиц, контракты, единиц хранения, возобновляемые станции и гибкие нагрузки.

Приложение планирования DEMS моделирует все затраты/доходы и потоки энергии и теплоносителя с учетом ограничений, независимо от их типа (например, электричество, горячая вода, пар, охлаждение, выбросы, водород).

ППриложения управления DEMS обеспечивают контроль и надзор за мощностью всех энергоблоков, единиц хранения и гибким спросом, а также возможностью управления для поддержания согласованного профиля обмена электроэнергией. На рис. 7.2-19 показана модель децентрализованной системы производства электроэнергии с элементами модели DEMS (прямоугольные объекты с названием модулей) и их соединение через балансирующие узлы (круглые объекты с указанием номеров узлов).

Функции DEMS (рис. 7.2-20) можно разделить на функции планирования и функции управления. К соответствующим функциям планирования относятся прогноз погоды, прогноз нагрузки, прогноз производства и обязательства группы. Кроме того, DEMS обеспечивает управление производством и потреблением энергии, а также контроль, оптимизацию и координацию в реальном времени.

Функции планирования рассматривают период времени от одного до семи дней с временным разрешением в зависимости от расчетного периода продажи и покупки энергии, например, 15, 30 или 60 минут. Функции планирования выполняются циклически (например, один раз в день или реже), по запросу вручную или вызываться спонтанно.

Функция прогноза погоды DEMS обеспечивает импорт/расчет данных прогноза погоды, которые используется в качестве входных данных для других функциональных модулей DEMS. Функция прогноза погоды имеет возможность импорта прогноза (и, возможно, также исторических данных) метеорологических данных из внешних источников, например, метеорологических служб. Если на виртуальной электростанции установлено метеорологическое оборудование, внешний импортируемый прогноз погоды адаптируется к локальному измерительному узлу с помощью алгоритма коррекции скользящим средним, который минимизирует разность отклонения между внешним прогнозом и локально измеренными фактическими метеорологическим данными. Получающийся в результате внутренний прогноз погоды поставляется как входные данные для других функций планирования DEMS.

Прогноз нагрузки DEMS обеспечивает расчет для нескольких классов нагрузки. Основные данные — это непрерывные исторические данные измеренной нагрузки с разрешением, соответствующим функции планирования. Настроена кусочно-линейная модель, моделирующая поведения нагрузки как функции таких переменных, как тип дня, погода или графики производства от промышленной нагрузки. Коэффициенты уравнения модели циклически оцениваются каждый день после того, как становятся доступны новые измерения.

Для каждой метки времени дня (например, 96 отметок времени для 15-минутного разрешения по времени) выполняется отдельный анализ коэффициентов. Данные, используемые для анализа, начинаются со вчерашнего дня до заданного временного диапазона в прошлом (от 0 до 84 дней). Математический метод расчета коэффициентов модели представляет собой фильтр Калмана. С помощью фильтра Калмана можно выполнять прогноз с использованием полностью динамической, частично статической и полностью статической модели.

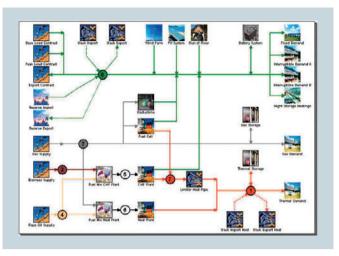


Рис. 7.2-19: Топология системы с элементами модели DEMS (прямоугольные объекты с названием модулей) и их соединение через балансирующие узлы (круглые объекты с указанием номеров узлов)

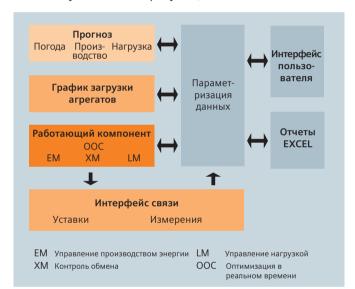


Рис. 7.2-20: **Функции DEMS**

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

Прогноз генерации в DEMS вычисляет ожидаемый выход возобновляемых источников энергии, в зависимости от прогнозируемых погодных условий. В качестве алгоритма прогнозирования используется кусочно-линейное преобразование двух метеорологических переменных в ожидаемую мощность согласно матрице данного преобразования (например, скорость и направление ветра для ветровых силовых агрегатов, интенсивности света и температура окружающего воздуха для фотоэлектрических систем). Матрица преобразования может быть настроена согласно техническим спецификациям установки и/или оценке на основе исторических показаний мощности и метеорологических измерений путем применения нейросетевых алгоритмов (в шаге автономного анализа).

Функция диспетчерских графиков в DEMS вычисляет оптимизированные графики (включая обязательства) для всех адаптируемых установок, таких как контракты, энергоблоки, хранилища и гибкие требования. Функция цели состоит в разнице доходов за вычетом расходов, прибыли. Планирование учитывает параметры элементов модели и их топологические связи, которые определяют финансовую информацию, а также технические, экологические и договорные параметры и ограничения виртуальной электростанции. Для вычисления результатов задачи оптимизации модуль расчета диспетчерских графиков использует частично-целочисленное линейное программирование.

Функция управления производством электроэнергии DEMS предусматривает контроль и надзора за всеми генерирующими мощностями и устройствами хранения виртуальной электростанции. В зависимости от режима управления соответствующего блока (независимый, ручной, по расписанию или режим управления) и параметров блока (минимальная/максимальная мощность, градиент мощности, энергоёмкость), фактического состояния (в работе, в ожидании, удаленный запуск, дистанционное управление, сбой) и фактической мощности блока, рассчитываются команды на пуск/останов и уставки мощности для блоков и передаются через командный интерфейс. Кроме того, производится контроль и сигнализация ответа на команду состояние уставки.

В случае неисправности блока, функция управления производством электроэнергии может начать расчет спонтанных обязательств блока для изменения плана оставшихся блоков в изменившихся условиях, рассматривая при этом все неотъемлемые ограничения. Функция управления потреблением электроэнергии DEMS предусматривает контроль и надзора за всей гибкой нагрузкой виртуальной электростанции. Класс гибкой нагрузки класс может содержать один или несколько групп нагрузки с одинаковым приоритетом, когда одна группа нагрузки может быть включена или выключена полностью с помощью одной коммутационной команды. В зависимости от режима управления класса нагрузки (независимый, по расписанию или в режиме управления) и фактического коммутационного состояния, состояния фактического элемента управления, фактического энер гопотребления и допустимого времени управления групп нагрузки, рассчитываются необходимые команды на переключение для обеспечения уставки общей нагрузки и передается через командный интерфейс (применяется циклическое отключение нагрузки группы нагрузка одного класса). Оптимизация расписания класса нагрузки, определяемая функцией обязательства блока, являются основой для управления классом нагрузки в режимах работы «расписание» и «контроль».



Рис. 7.2-21: Интерфейсы DEMS

Функция мониторинга энергообмена DEMS вычисляет ожидаемое отклонение согласованного графика обмена энергией в текущий учетный период (15, 30 или 60 минут) и значение необходимой коррекции мощности для поддержки обмена по графику. На основе фактического энергопотребления в текущем отчетном периоде и фактической тенденции обмена мощности, в конце отчетного периода рассчитывается предполагаемая энергии обмена. Разница между этим значением и значением согласованного обмена, поделенное на оставшееся время отчетного периода, дает значение необходимой общей коррекции мощности, которая необходима для поддержания графика согласованного обмена в конце расчетного периода. Это значение передается функции оптимизации и координации в реальном времени для дальнейшей обработки.

Функция оптимизации и координации в реальном времени DEMS отправляет общее значение коррекции энергии на все отдельные энергоблоки, устройства хранения и гибкие классы нагрузки, которые работают в режиме управления. Алгоритм распределения работает по следующим правилам: Сначала учитываются фактические ограничения генерации (например, минимальные и максимальные мощности, ёмкость хранилища, ограничения нарастания мощности). Во-вторых, как можно быстрее рассчитывается общее значение коррекции мощности. И, в-третьих, для действий управления используются самые дешевые блоки. «Дешевые» в данном контексте означает, что учитываются затраты добавочной мощности блоков при их плановых рабочих точках. Дополнительные средства регулирования мощности отдельных блоков рассчитываются функцией диспетчерских графиков с учетом соответствующего расписания поставки электроэнергии. Значения коррекции мощности отдельных блоков передаются для выполнения функции управления производством и функции управления потреблением. Система DEMS основана на широко распространённых программных компонентах, работающих на компьютерах с операционной системой Microsoft Windows, со стандартизированными интерфейсами и протоколами (рис. 7.2-21). Это защищает владельца инвестиций в виртуальную электростанцию, потому что это облегчает расширение системы новыми модулями.

7.2 Продукты и решения в области управления электроэнергией

На рис. 7.2-22 показаны основные компоненты DEMS. В качестве основного механизма SCADA используется SIMATIC WinCC (центр управления Windows).

Алгоритмы приложений реализованы в Siemens ECANSE (среда для компьютеризированной разработки программного обеспечения нейронных сетей). Для ввода и вывода данных временных рядов используется интерфейс Microsoft Excel. Данные времен ных рядов хранятся в технологической базе данных WinCC (с помощью коммерческой реляционной СУБД). Для решения задач частично-целочисленное программирования в DEMS используется СРLEX. Путем настройки WinCC, ECANSE и файлов Excel, можно настроить конкретную систему приложений DEMS согласно специфической структуре виртуальной электростанции.

Пользовательский интерфейс играет важную роль в восприятии оператора. Он должен быть удобен для уменьшения затрат на подготовку и во избежание ошибочных операций. Поэтому пользовательский интерфейс DEMS создается с использованием конструктора интерфейсов WinCC (рис. 7.2-23).

Кроме того, для более сложного и гибкого графического анализа данных временных рядов, для презентации результатов могут использоваться отчеты в файлах Excel. С помощью инструмента программного обеспечения удаленного рабочего стола или с помощью веб-навигатора WinCC, возможен удаленный доступ к системе DEMS по ISDN или через интернет. На рис. 7.2-23 приводятся некоторые примеры пользовательского интерфейса.

Как только что отмечалось, интерфейс и протоколы связи важны для успеха системы управления производством и потреблением электроэнергии на виртуальный электростанции. Таким образом, DEMS предоставляет несколько интерфейсов и протоколов для технологических данных:

- OPC
- Набор протоколов MODBUS, последовательный MODBUS
- PROFIBUS DP, PROFIBUS FMS
- SIMATICS5, S7, TI
- Windows DDE
- Протоколы ПЛК

Кроме того, DEMS оборудован XML-веб-интерфейсом на основе SOAP, который обеспечивает обмен данными технологического процесса и данными временных рядов между DEMS или между DEMS и веб-приложениями. Кроме того, DEMS позволяет импортировать/экспортировать значения технологических параметров и данных временных рядов в источники данных ODBC, файлы Excel и ASCII.

• Электронная синхронизация операционных моделей T&D и TSO/ISO передаёт TSO /ISO готовые к введению в эксплуатацию изменения операционной модели DSO.

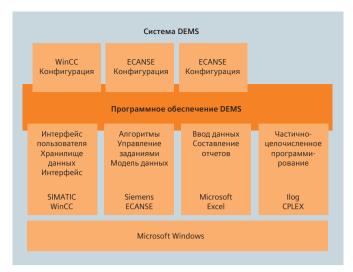


Рис. 7.2-22: Компоненты DEMS

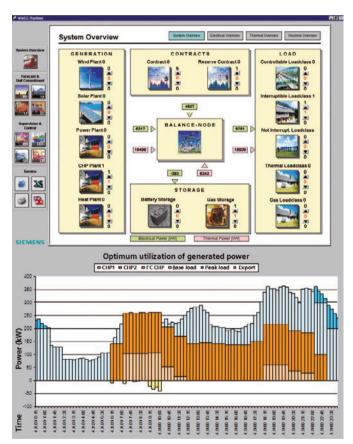
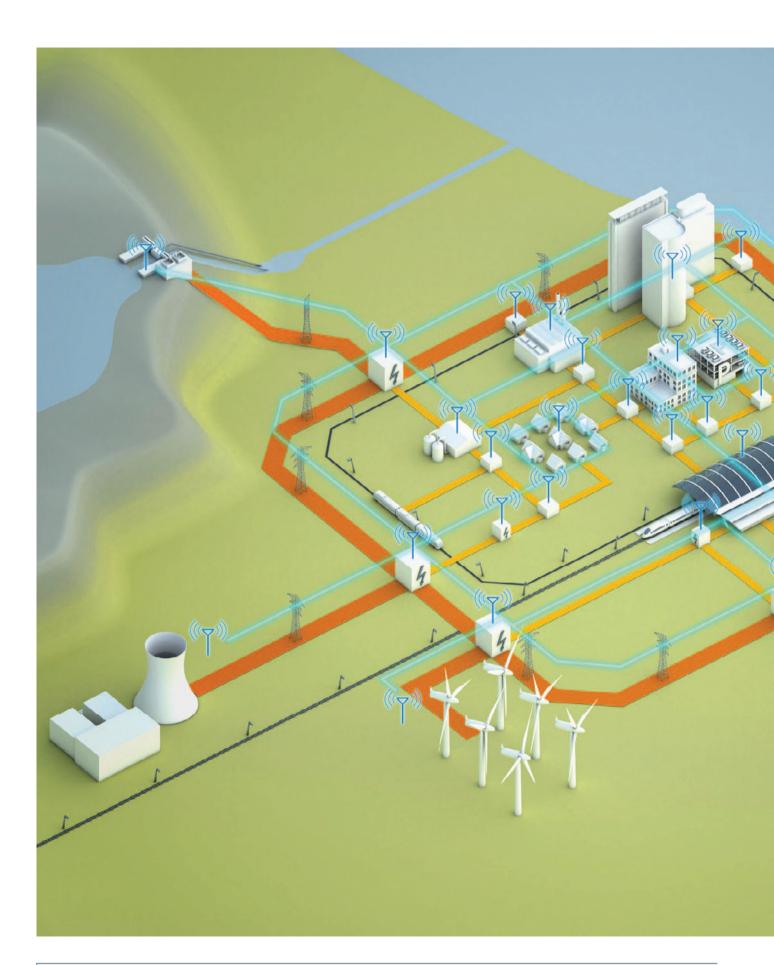


Рис. 7.2-23: Интерфейс пользователя DEMS





8.1	Введение	450	
8.2	Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи) 452		
8.2.1	Синхронная цифровая иерархия (SDH)/ Решения Ethernet	452	
8.2.2	Устройство разделения (мультиплексор) доступа	453	
8.2.3	PowerLink - Высокочастотная связь по линиям электроснабжения для высоковольтных линий электропередач	453	
8.2.4	SWT 3000 - Телезащита для высоковольтных линий электропередач	456	
8.2.5	Устройство присоединения AKE 100	458	
8.2.6	Голосовая связь с использованием PowerLink	458	
8.2.7	Монтаж под напряжением оптического кабеля, встроенного в грозозащитный трос (OPGW)	460	
8.3	Коммуникации Центра Управления	461	
8.4	Коммуникационные сетевые решения для распределительных сетей (связь для ретрансляции/доступа)	462	
8.4.1	Введение	462	
8.4.2	Коммуниккационные инфраструктуры для сетей ретрансляции и доступа	463	
8.5	ІТ-безопасность	466	
8.5.1	1 Комплексный Подход	466	
8.5.2	Защита повсюду - от интерфейса к интерфейсу	467	
8.5.3	Постоянное укрепление приложений	467	
8.5.4	Внутренняя команда CERT в качестве партнера «ноу-хау»	467	
8.5.5	Разумное использование стандартов	467	
8.5.6	Рост IT-безопасности в процессе разработки	467	
8.5.7	Интеграция IT-безопасности в ежедневные операции	468	
8.6	Службы	469	

8.1 Введение

Безопасный, надежный и экономичный источник электроэнергии тесно связан с быстрой, эффективной и надежной коммуникационной инфраструктурой. Планирование и внедрение коммуникационных сетей требует такого же внимания как и установка самих систем электроснабжения.

Телекоммуникация для электростанций имеет долгую историю на уровне передачи электроэнергии и SIEMENS был одним из первых поставщиков коммуникационных систем для энергосистем общего пользования. С начала 1930-х годов SIEMENS поставлял оборудование для связи по линиям электропередач для высоковольтных систем электроснабжения. В наши дни системы передачи электроэнергии, почти все подстанции контролируются и управляются в режиме он-лайн с помощью Систем Управления Потреблением Электроэнергии (EMS). Основные линии электропередач обычно оснащены оптоволоконными кабелями, обычно интегрированными в земляные провода (OPGW: Optical Ground Wire) и подстанции доступны через широковещательные коммуникационные системы. Двумя доказанными и оптимальными коммуникационными технологиями, ориентированными на конкретные потребности, являются технология Синхронной Цифровой Иерархии (SDH) и технология Ethernet. Оптоволоконные кабели используются там, где это экономически выгодно. Однако, на удаленных концах системы передачи электроэнергии, где установка оптоволоконных кабелей или беспроводные решения не экономичны, подстанции присоединяются посредством систем связи по высоковольтным линиям электропередач.

Совсем иная ситуация в распределительной сети. Несмотря на то, что системы распределения энергии на высоком напряжении и первичные подстанции оснащены цифровыми коммуникациями равным образом, коммуникационная инфраструктура на низших распределительных уровнях очень слабая. В большинстве стран, менее чем 10% трансформаторных подстанций и кольцевых магистральных блоков (RMU) контролируются и управляются удаленно.

Быстрый рост распределенных энергетических ресурсов сегодня ухудшает качество электроэнергии в распределительных сетях. Вот почему системные операторы должны быть в состоянии быстро прореагировать в критических ситуациях. Предпосылкой этого есть интеграция ключевых кольцевых магистральных блоков также как энергозависимых распределенных ветровых и солнечных генераторов в систему управления потреблением энергии и, таким образом, в коммуникационную сеть энергосистем общего пользования. Так как локальные условия широко различаются, критично развертывание правильного сочетания различных коммуникационных технологий. Это сочетание должно быть точно подстроено под потребности энергосистемы и под доступность необходимой инфраструктуры и ресурсов (например, доступность волоконнооптических кабелей, частотного спектра для беспроводных технологий или качество и длина электрических кабелей для широкополосной связи по проводам линий электропередач).

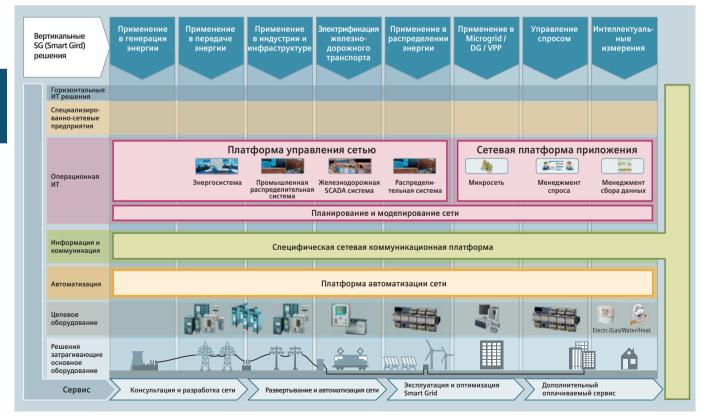


Рис. 8.1-1: Siemens предлагает законченные сетевые коммуникационные решения для построения «умных электрических сетей» Smart Grid для энергосистем общего пользования.

В зоне доступа потребителей, коммуникационные потребности возрастают в той же мере. Следующие приложения Smart Grid требуют двунаправленной коммуникационной структуры вплоть до объектов потребителя.

- Замена стандартных счетчиков на «умные» счетчики, которые обеспечивают двунаправленные коммуникационные соединения между потребителем и энергетическими приложениями (например, управление данными счетчиков, рынок и т.д)
- Управление расходом электроэнергии потребителями, используя ценовые сигналы как ответную реакцию на размеренно меняющееся энергоснабжение от больших распределенных производителей.
- Если имеет место большое число маленьких источников энергии, должно контролироваться качество электроэнергии низковольтных систем энергоснабжения, так как направление течения тока может меняться при благоприятных для этого условиях питания.

Выбор коммуникационного решения зависит от требований потребителя. Если должны передаваться только данные счетчика и сигналы о стоимости, тогда эффективны узкополосные систе-

мы, такие как узкополосная связь по проводам линий электропередач или GPRS-модемы. Для «умных домов» в которых есть генераторы электроэнергии и управляемые нагрузки (например, бытовые электроприборы) или станции по зарядке электромобилей, которыми нужно управлять, необходимы широкополосные коммуникационные системы, такие как волоконнооптические кабели, широкополосная высокочастотная связь по электропроводке или беспроводные решения.

Для таких сложных коммуникационных требований, Siemens предлагает адаптированные высоконадежные сетевые коммуникационные решения для оптоволоконных, электрических или беспроводных инфраструктур, основанных на стандартах Энергетической Промышленности (Energy Industry). Конечно, это также включает весь спектр услуг, от анализа связи до обслуживания решения в целом (рис. 8.1-2).

Для дальнейшего чтения, пожалуйста, посетите: www.energy.siemens.com/hq/en/automation/powertransmission-distribution/network-communication

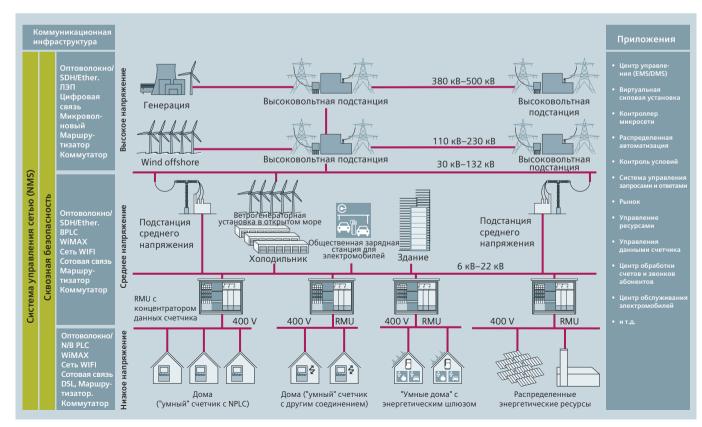


Рис. 8.1-2: 8 Коммуникационные сетевые решения для «умных электрических сетей»

8.2 Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи)

8.2.1 Синхронная цифровая иерархия (SDH)/ Решения Ethernet

Для коммуникаций по передаточному и подпередаточному уровням, Siemens предлагает самое последнее поколение оборудования SDH (Синхронная Цифровая Иерархия), обычно относящемуся к NG SDH (SDH следующего поколения) (рис. 8.2-1).

Технология NG SDH объединяет ряд преимуществ, которые делают ее привлекательной для нужд электроэнергетических станций. Среди этих преимуществ: высокая надежность, исчерпывающие характеристики в области управляемости и контроля, и последняя, но не менее важная уникальная возможность SDH по непрерывной поддержке как устаревших, так и новых приложений, в первую очередь пакетных выходных стандартов. Ethernet-по-SDH обеспечивает возможность транспортировки пакетного трафика по SDH магистрали с высокой надежностью и малыми временными задержками. В результате, Ethernet-по-SDH является альтернативным решением по задействованию стандарта МЭК 61850 по всей коммуникационной магистрали.

Современный уровень развития NG SDH является высоко интегрированным, обеспечивающим все вышеперечисленные возможности в одном устройстве. Для ориентации на изменяющиеся потребности и условия электроэнергетических станций, Siemens предлагает широкий диапазон продуктов, от одноплатного пользовательского оборудования (СРЕ) до мультисервисной платформы для Плезиохронной Цифровой Иерархии (РDH), SDH, мультиплексирования с разделением по длинам волн (WDM), и Ethernet.

Основные преимущества

- Высокая надежность
- Очень короткие временные задержки в передаче сигнала защиты
- Для устаревших и пакетных приложений/систем
- Поддержка стандарта МЭК 61850
- Полный спектр систем управления сетями

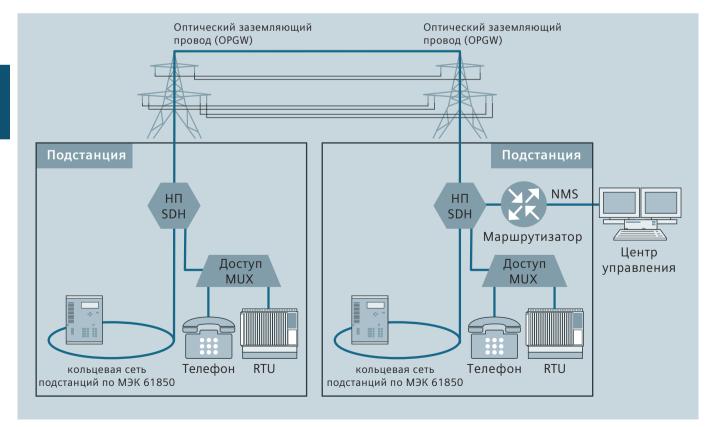


Рис. 8.2-1: Типивое решение SDH следующего поколения для магистральных электрических сетей

8.2 Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи)

8.2.2 Устройство разделения (мультиплексор) доступа

Сегодня все еще необходимо управлять множеством разных стандартных коммуникационных интерфейсов на одной подстанции (например, телефонная связь, ISDN, v.24, X.21 и т.д.) С этой целью, мультиплексоры доступа используются для группировки этих коммуникационных сигналов и передачи их в магистральную систему.

Мультиплексор доступа может использоваться для создания многоцелевых сетей, которые могут быстро реагировать на изменения в сетевых потребностях. Модульный дизайн позволяет комбинировать канальные блоки так, как это необходимо для телефонной связи, передачи данных и сигналов ISDN. Мультиплексор позволяет свободное назначение интерфейсов пользователя каналам для сигналов 2-Mbits/s и быструю конфигурацию. Рис. 8.2-2 показывает обзор интерфейсов, обеспечиваемых стандартным мультиплексором доступа.

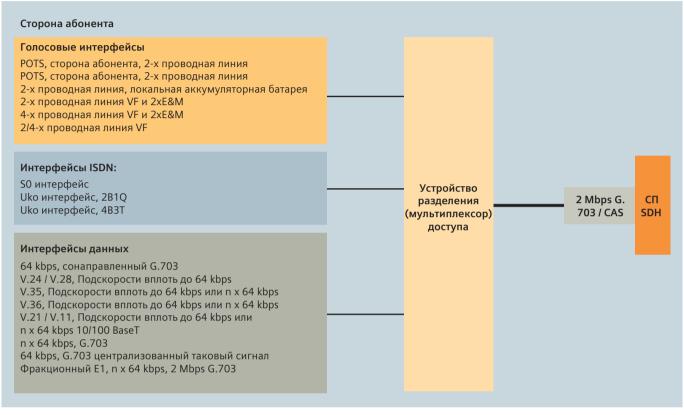


Рис. 8.2-2: Типовые интерфейсы мультиплексора доступа

8.2.3 PowerLink - Высокочастотная связь по линиям электроснабжения для высоковольтных линий электропередач

Цифровая система высокочастотной связи по линиям электроснабжения PoweLink от Siemens использует высоковольтные линии электропередач между подстанциями в качестве коммуникационных каналов для передачи сигналов защит, данных и голоса. Эта технология, которая испытывалась и тестировалась десятилетиями, и адаптирована к последним стандартам, имеет две основные сферы применения:

- Как коммуникационная связь между подстанциями, где оптоволоконное соединение отсутствует или экономически не конкурентоспособно.
- Как резервная система для передачи сигналов защит, параллельно оптоволоконной линии

Рис. 8.2-3 показывает типовое присоединение системы PowerLink к высоковольтной линии через устройство присоединения АКЕ 100, конденсатор связи.

Гибкость - самая важная сторона PowerLink

Универсальность является великой силой системы PowerLink. PowerLink может быть гибко подстроена под вашу инфраструктуру (таблица 8.2-2)

Мультисервисное устройство

PowerLink предлагает необходимую гибкость в передаче каждой службы потребителю, которая только может понадобиться в доступном диапазоне. Все службы могут быть объединены любыми способами в рамках доступной в структуре пропускной способности/скорости передачи информации.

8.2 Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи)

Мост к ІР

IP-функциональность наиболее удобна для миграции от TDM к пакетно-коммутируемым сетям. PowerLink предлагает электрические и оптические интерфейсы Ethernet, включая интегрированный L2-коммутатор, расширяя IP-сеть до удаленных подстанций со скоростью передачи информации вплоть до 320 кбит/с.

Оптимальная пропускная способность данных при изменении условий окружающей среды

PowerLink адаптирует скорость передачи данных к изменениям окружающей среды, тем самым гарантируя максимальную пропускную способность передачи данных. Благодаря встроенной в Power Link функции назначения приоритетов, которую можно сконфигурировать для каждого канала, гарантируется маршрутизация наиболее важных каналов даже при плохих погодных условиях.

Переменная мощность передачи

Мощность передачи может быть сконфигурирована с помощью программного обеспечения в двух диапазонах (20 - 50 Вт или 40 -100 Вт), основываясь на требованиях канала передачи. Это упрощает совместимость с национальными нормами и позволяет оптимизировать план распределения частот.

Максимальная эффективность:

Большое количество стандартных коммуникационных интерфейсов (например, телефонная связь, ISDN, v.24, X.21 и т.д) сегодня и в ближайшем будущем должны управляться коммутационной станцией. С этой целью, PowerLink использует интегрированный универсальный мультиплексор, который собирает вместе все эти коммуникационные форматы и передает их с помощью PLC.

vMUX является статистическим мультиплексором с приоритетным управлением. Асинхронные каналы данных могут передаваться

Интегрированный универсальный мультиплексор (vMUX)

Приложение

Передача сигналов защит, информации телеуправления, данных и голоса по высоковольным линиям электропередач.

Преимущества

Экономически эффективен для передачи малых и средних объемов данных на длинные расстояния

Обрабатывает аналоговые и цифровые сигналы.

Настраиваемая мощность передачи

Переменная пропускная способность

Интегрированный интерфейс TCP/IP

Сжатие голоса

Универсальный мультиплексор

Интегрированные системы телезащиты

Кросс-функциональная система управления для всех интегрированных служб

Может эффективно использоваться в комбинации с широковещательными технологиями для наилучшей эффективности

Таблица 8.2-1: Прогрессивная технология PLC c PowerLink

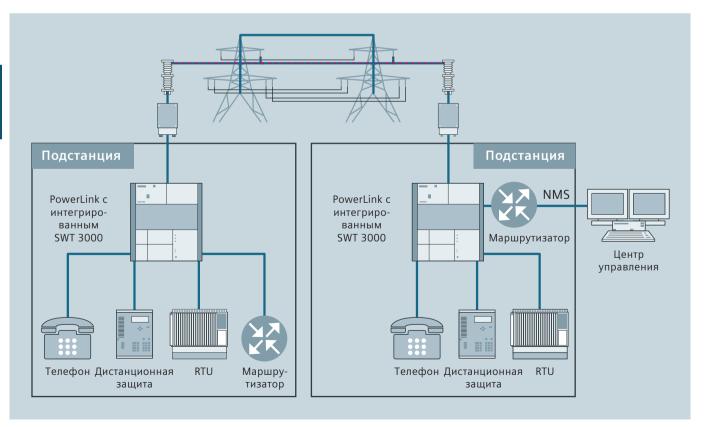


Рис. 8.2-3: Связь PowerLink по высоковольтной линии

8.2 Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи)

в «гарантированном» или «негарантированном» режимах, для обеспечения оптимального использования доступной передаточной возможности. Приоритетное управление обеспечивает надежную передачу по наиболее важным асинхронным и синхронным каналам данных и голосовым каналам даже в плохих для передачи условиях. Конечно, vMUX интегрирован в систему управления PowerLink и прекрасно оснащен для требований к передаче данных по электрическим проводам в будущем с расширенными опциями для передачи цифровых сигналов голоса и данных.

Сжатие голоса

Сжатие голоса необходимо для эффективного использования сетей. Конечно, качество не должно страдать, вот почему PowerLink предлагает исчерпывающие варианты для адаптации скорости передачи данных к индивидуальным требованиям. PowerLink предлагает разные степени сжатия между 5.3 и 8 кбит/с. Для предотвращения любого искажения качества голоса, сжатый голосовой пакет направляется непосредственно в станции PowerLink, подключенные к линии, без любого дальнейшего сжатия или декомпрессии.

Система передачи сигнала защиты SWT 3000

В каждый PowerLink могут быть интегрированы максимум две независимые системы SWT 3000. Каждая интегрированная система телезащиты может передавать до четырех защитных команд. Тип командного интерфейса для дистанционных защитных устройств может быть или стандартным двоичным, или совместимым с МЭК 61850. Поддерживается даже комбинация оболей типов командного интерфейса. Для обеспечения большей надежности, может быть подключен альтернативный канал передачи через цифровую линию связи. Системы SWT 3000 также полностью интегрированы в пользовательский интерфейс инструментальных средств администрирования PowerLink.

Одна система администрирования для всех приложений

PoweLink не только упрощает ваши коммуникации, но также делает коммуникации экономически эффективными. Программное обеспечение PowerSys управляет с помощью стандартного пользовательского интерфейса всеми интегрированными приложениями PowerLink. Это обеспечивает более высокую операционную безопасность при сокращении времени обучения и стоимости до минимума.

Интеграция PowerLink в сетевые системы управления посредством SNMP

Системы PowerLink также могут быть интегрированы в более высокие уровни систем управления через IP-доступ посредством SNMP-протокола (Простой Протокол Управления Сетью). Системные данные и данные о состоянии сети передаются, например, в тревогу, реестр или систему управления производительностью.

Характеристики	Цифровая PLC-система	Аналоговая PLC-система			
Универсальность при работе в аналоговом, цифровом или смешанном режимах					
Частотный диапазон 24 кГц - 1000 кГц					
Избираемая полоса пропускания 2-32 кГц					
Скорость передачи данных до 320 кбит/с на частоте 32 кГц	-				
Мощность передачи 20/50/100 Вт, точная настройка посредством программного обеспечения	•	•			
Работа с или без разнесения частотного диапазона с автоматическим подавлением помех	•	•			
Цифровой интерфейс					
Синхронный Х.21 (макс. 2 канала)					
Асинхронный RS 232 (макс. 8 каналов)	-				
ТСР/ІР (2-электрических, 1-оптический)					
Е1 (2 Мбит/с) для сжатия голоса					
G703.1 (64 кбит/c)					
Аналоговый интерфейс					
VF (VFM, VFO, VFS), макс. 8 каналов для голоса, данных и сигнала защиты.					
Асинхронный RS232 (макс. 4) через FSK					
Разное					
Адаптивная динамическая настройка скорости передачи данных	-				
ТСР/ІР-мост Уровня 2					
Интегрированный универсальный мульти- плексор для голоса и данных					
Макс. 5 сжатых голосовых каналов через VF-интерфейс	•				
Макс. 8 голосовых каналов через E1-ин- терфейс					
Шина StationLink для перекрестной связи максимум 4 PLC-передаточных маршрутов (сжатый голос и данные, без сжатия голоса на повторителе)	•				
Реверсивная FSK данных аналогового RTU/модема через dPLC (2 x)	-				
Система передачи сигнала защиты SWT 30	000				
Интеграция двух устройств	-	-			
Удаленное управление по электрическому или волоконнооптическому кабелю идентично интегрированной версии	•	•			
Одноцелевой или многоцелевой/переключающийся многоцелевой режим	•	•			
Менеджер элементов, основанный на графическом пользовательском интерфейсе для управления и контроля системами PLC и телеуправления.	•	•			
Двоичный командный интерфейс согласно МЭК 61850	•	•			
Удаленный доступ к PowerLink					
Через ТСР/ІР-соединение	=	-			
Через внутриполосный служебный канал	=	=			
SNMP-совместимость для интегрирования NMS	-	-			
Память событий с метками времени	=	=			
Простое обновление параметров посредством программного обеспечения	-	-			
T. 6. 0.3.3.05					

Таблица 8.2-2: Обзор характеристик

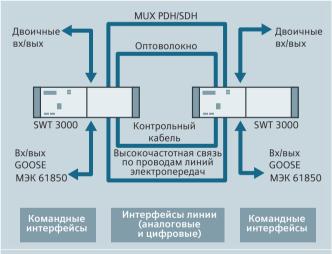
8.2 Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи)

8.2.4 SWT 3000 - Телезащита для высоковольтных линий электропередач

SWT 3000 - это высоко защищенная и надежная система для передачи критичных по времени команд дистанционной защиты по аналоговым и цифровым каналам связи (рис. 8.2-4). Это позволяет максимально быстро выборочно изолировать повреждения в высоковольной сети. Система SWT 3000 может быть интегрирована в PowerLink систему или управляться как независимая система.

Безопасность, надежность и скорость передачи сигнала защиты являются основными показателями в работе высоковольтных систем. Для максимальной эксплуатационной надежности SWT 3000 может быть сконфигурирована с двумя раздельно запитанными источниками питания. Если возможно, сигналы защиты следует передавать по двум независимым каналам связи для гарантии максимальной безопасности передачи. Рис. 8.2-5 показывает различные аналоговые и цифровые каналы передачи между системами SWT 3000.

SWT 3000 также демонстрирует свою высокую степень гибкости, когда существующие подстанции переходят на устройства защиты со стандартом связи МЭК 61850 SWT 3000 имеет все необходимые командные интерфейсы - как двоичные, так и GOOSE. Это всегда делает затраты на инвестиции экономически контролируемыми, потому что подстанции могут постепенно переходить на сеть нового поколения.



Приложение.

Передача сигналов защиты для быстрой идентификации, изолирования и решения проблем в сети электропередачи электростанции.

Преимущества

Снижает простои до абсолютного минимума

Поддерживает интерфейсы МЭК 61850 также как и стандартные двоичные интерфейсы

Гибкая интеграция в различные пользовательские коммуникационные сети

Защита канала по двум различным маршрутам передачи для повышенной належности

Рис. 8.2-4: Система телезащиты SWT 3000 - обзор

Подключения контрольного кабеля

Для работы по контрольному кабелю, два устройства SWT 3000 могут связываться напрямую по аналоговым интерфейсам (CLE)

Каналы связи по линиям электропередач

Аналоговая связь (CLE) между двумя устройствами SWT 3000 может также быть PLC-связью В зависимости от конфигурации устройства, SWT 3000 может использоваться с PowerLink в поочередном многоцелевом, одновременном многоцелевом или одноцелевом режиме.

7 72 Оптоволоконные соединения

между SWT 3000 и PowerLink. Короткий по протяженности канал связи между SWT 3000 и PLC-терминалом PowerLink от Siemens может быть реализован через встроенный волоконнооптический модем. В этом случае, одиночная система SWT 3000 такую же продвинутую функциональность как и версия, встроенная в PowerLink. Каждая PowerLink может быть подключена к двум устройствам SWT 3000 по оптоволокну.

_____ Цифровые соединения SWT 3000.

Цифровой интерфейс (DLE) позволяет передавать сигналы защиты по PDH или SDH сети.

Альтернативные маршруты передачи

SWT 3000 позволяет передачу сигналов защит по двум разным маршрутам. Передача ведется непрерывно по обоим маршрутам. В случае выхода из строя одного маршрута, второй маршрут по-прежнему будет передавать сигнал.

7 8 Прямое волоконнооптическое соединение без повторителя

9 Передача сигналов SWT 3000 включает в себя внутренний волоконно-оптический модем для трансляций на длинные расстояния. Максимальное расстояние между двумя устройствами SWT 3000 составляет 150 километров.

10 Волоконнооптическое соединение между SWT 3000 и мультиплексором

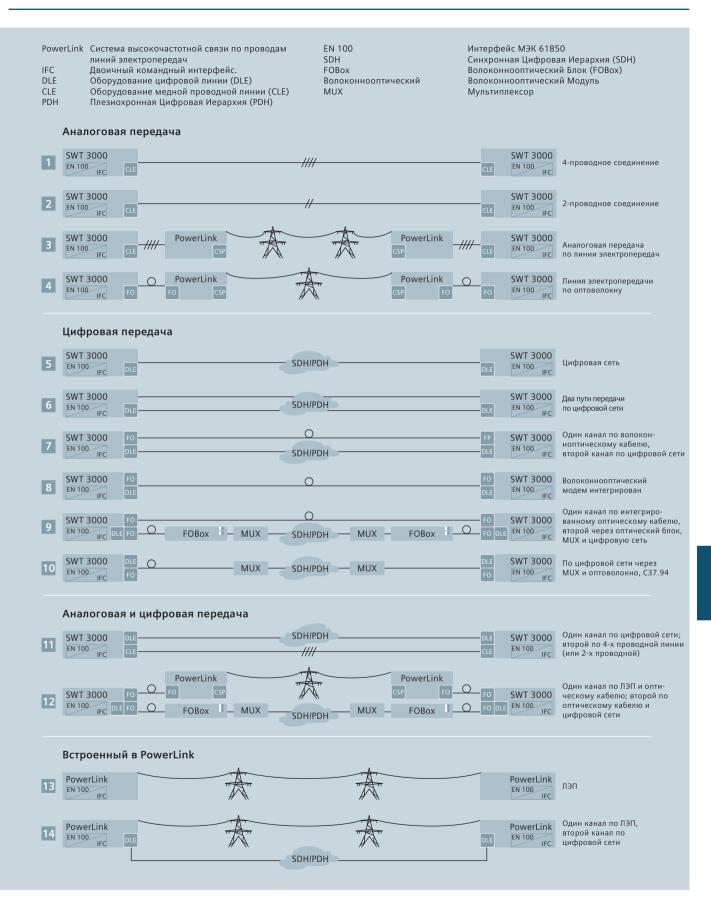
Короткие по протяженности соединения, до 2 километров, между SWT 3000 и мультиплексором могут быть реализованы через интегрированный волоконнооптический модем в соответствии с IEEE C37.94. Поочередно, мультиплексор подключается через FOBox, преобразуя оптический сигнал в электрический, в случае, если МUX не поддерживает C37.94.

13 14 Интеграция SWT 3000 в систему PowerLink-PLC.

Система SWT 3000 может быть интегрирована в оборудование PowerLink. Могут использоваться либо аналоговый интерфейс, либо комбинация аналогового и цифрового интерфейсов.

Рис. 8.2-5: Каналы передачи SWT 3000

8.2 Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи)



8.2 Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи)

8.2.5 Устройство присоединения АКЕ 100

PLC-терминалы подключатся к линии электропередачи через конденсаторы связи или через емкостные трансформаторы напряжения и устройство присоединения. Чтобы предотвратить растекание PLC-токов в электрические распредустройства или по другим нежелательным направлениям (например, в ответвления линий), используются заграждающие ВЧ-фильтры (катушки индуктивности), которые рассчитаны на рабочие токи и токи короткого замыкания электроустановки и предполагают небольшие потери для системы распределения электроэнергии.

Описанное здесь устройство присоединения AKE 100 от Siemens, совместно с высоковольтным конденсатором связи, образует ВЧ-фильтр для требуемых несущих частот, чья нижняя частота отсечки опеределена номиналом конденсатора связи и выбранным коэффициентом соотношения.

Устройство присоединения АКЕ 100 поставляется в четырех версиях и используется для:

- Присоединение к воздушным ЛЭП по схеме «фаза-земля»
- Присоединение к воздушным ЛЭП по схеме «фаза-фаза»
- Присоединение к электрическим силовым кабелям по схеме «фаза-земля»
- Присоединение к электрическим силовым кабелям по схеме «фаза-фаза»
- Межсистемное присоединение с помощью двух устройств присоединения по схеме «фаза-земля»

Устройства присоединения по схеме «фаза-фаза» легко адаптируются для использования в качестве устройств присоединения по схеме «фаза-земля». Версии для присоединений по схеме «фаза-земля» могут быть модифицированы для присоединений по схеме»фаза-фаза» или с таким же успехом использоваться для межсистемного присоединения.

8.2.6 Голосовая связь с использованием PowerLink

ТСР/IP-протокол получает все большее одобрение в сфере голосовой связи. Однако, при планировании сетей с VoIP должны приниматься во внимание значительно большие требования к полосе пропускания по сравнению с аналоговыми линиями голосовой связи. Таблица 8.2-3 демонстрирует требования к полосе пропускания для голосовой связи по TCP/IP, как функциональную зависимость от кодека, используемого для сжатия голоса.

Сегодня в офисной сфере, инфраструктура локальных сетей (LAN) обычно достаточно широко развита, чтобы сделать возможными VoIP-коммуникации без каких-либо ограничений. Обстановка сильно отличается, если необходимо подключить удаленные подстанции к голосовой сети электростанции. Если эти участки не интегрированы в корпоративную магистральную сеть, должны быть установлены каналы высокочастотной связи по проводам ЛЭП. Рис. 8.2-6 демонстрирует основные варианты для голосовой связи через PowerLink.

Кодек	"Чистая" скорость передачи информации	"Общая" скорость передачи информации
G.711	64 кбит/с	87,2 кбит/с
G.726	32 кбит/с	55,2 кбит/с
G.728	16 кбит/с	31,5 кбит/с
G.729	8 кбит/с	31,2 кбит/с
G.723.1	5,3 кбит/с	20,8 кбит/с

Таблица 8.2-3: **Требования к ширине полосы пропускания для VolP**

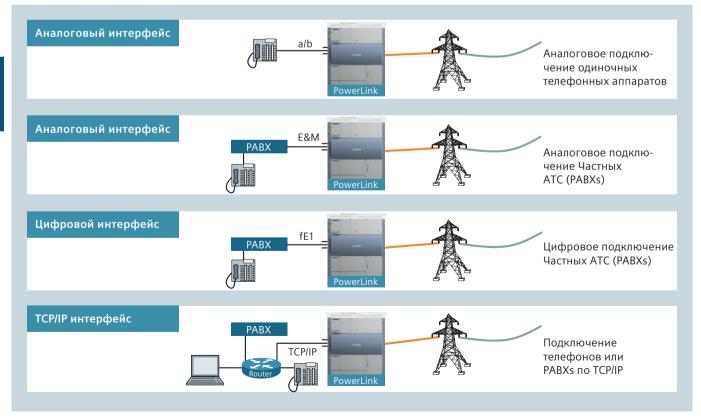


Рис. 8.2-6: Основные опции голосовой связи через PowerLink

8.2 Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи)

Аналоговое соединение

Система телефонной связи подключена к PowerLink через аналоговый E&M-интерфейс Система телефонной связи или индивидуальный телефонный аппарат также могут подключаться к системе PowerLink из разных мест. Требования к ширине полосы пропускания могут быть уменьшены примерно до 6 кбит/с (включая издержки) на один голосовой канал связи посредством сжатия голоса в PowerLink.

Цифровое подключение

При цифровом подключении система телефонной связи подключается к PowerLink через цифровой E1-интерфейс. По причине ограниченной ширины полосы пропускания, могут быть использованы до 8 из 30 голосовых каналов (Дробный E1). Этот вариант удобен только для связи между системами телефонной связи. Индивидуальные телефонные аппараты могут быть подключены локально к отдельной системе телефонной связи. Требования к ширине полосы пропускания предъявляются исходя из скорости передачи пользовательских данных по голосовому каналу (например, 5.3 кбит/с) и служебного потока данных D-канала для E1-связи в целом (приблизительно 2.4 кбит/с), (т.е. менее 10 кбит/с для голосового канала).

В случае последовательно подключенных участков, как с аналоговыми, так и с цифровыми соединениями, многократная компрессия/декомпрессия голосового канала предотвращается уникальной функцией «StationLink» системы PowerLink.

Соединение ТСР/ІР

Система телефонной связи, голосовые терминалы и система PowerLink подключены напрямую к сети TCP/IP. Обеспечивается прямая голосовая связь между терминалами. В систему телефонной связи передается только управляющая информация. Использование протокола TCP/IP приводит к требованиям к широкополосной передаче на голосовой канал как минимум 21 кбит/с (5.3 кбит/с для голоса плюс служебный поток данных TCP/IP).

Системы телефонной связи

Для обеспечения гарантии работы по высоковольтным ЛЭП или магистральным линиям и энергоустановкам, голосовая связь является важной частью решения в целом. Набор сервисов Siemens Enterprise Communication направлен на все без исключения разнообразные требования электростанций и может быть развернут в различных сценариях.

Ограниченная возможность использования ширины полосы пропускания систем высокочастотной связи по проводам ЛЭП в области высокого напряжения в будущем также будет обеспечивать важную роль в этом сегменте стандартных систем телефонной связи (например, HiPath 4000) с аналоговыми интерфейсами.

HiPath 4000

- Доказано продажами в 80 странах с более чем 25 миллионами портов.
- Экономически эффективные коммуникационные альтернативы для конвергентной IP-телефонии
- Встроенная надежность
- Масштабируемая архитектура
- Гибкие варианты применения
- Простая миграция
- Прекрасная защита капиталовложений на миграцию
- Открытые интерфейсы
- Услуги по всесторонней поддержке
- Зрелая и стабильная компания



Рис. 8.2-7: Обзор HiPath 4000

8.2 Коммуникационные сетевые решения для магистральных электрических сетей (магистральные линии связи)

8.2.7 Монтаж под напряжением оптического кабеля, встроенного в грозозащитный трос (OPGW)

Трансформация систем энергоснабжения в интеллектуальные электрические сети тесно связана с растущими коммуникационными потребностями (нагрузка на ширину полосы пропускания) в зонах передачи и распределения электроэнергии. Для обеспечения быстрой передачи данных между крупными подстанциями в системе передачи электроэнергии, при замене грозозащитных тросов на высоковольтных линиях электропередач используются волоконнооптические кабели (ОКГТ: оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос).

Как результат растущего и часто непредсказуемого снабжения энергией в энергоснабжающих системах распределенными генераторными установками, становится все труднее и труднее, и иногда даже невозможно, энергопередающим компаниям отключать сегменты линий для проведения монтажных мероприятий с целью улучшения коммуникационной инфраструктуры.

Технология от Siemens, по монтажу линий электропередач под напряжением, дает возможность выполнять такие установки или ремонты на линиях электропередач, подключенных к источнику питания. Эта концепция монтажа была разработана совместными усилиями Siemens и группы специалистов при Дрезденском Университете в Германии.

Технология монтажа линий электропередач под напряжением от Siemens может быть использована для следующих целей:

- Для замены грозозащитного троса на грозощащитный трос со встроенным оптическим кабелем для обеспечения широкополосной связи даже к небольшим подстанциям
- Дополнительный монтаж второго грозозащитного троса со встроенным оптическим кабелем под верхней частью высоковольтной опоры, на особо коммуникационно-интенсивных участках.
- Для замены изношенных или поврежденных грозозащитных тросов со встроенным оптическим кабелем

Безопасность как персонала, так и оборудования превыше всего: Монтаж линий электропередач под напряжением поддерживает новую концепцию заземления, аналогичную тяговым машинам с тормозными устройствами на земле (рис. 8.2-8).

При производстве монтажа под напряжением, оптические кабели, встроенные в грозозащитный трос, могут быть установлены или напрямую на верхнюю часть высоковольной опоры или под ее верхней частью между электрическими проводами (рис. 8.2-9).

Специальные защитные меры безопасности должны приниматься при пересечении зон повышенного риска (автострады, водоемы, железные дороги и т.д.) во время монтажа оптических кабелей, встроенных в грозозащитный трос, под верхней частью высоковольтных опор.

В процессе монтажа под напряжением, существующие грозозащитные тросы служат в качестве несущих тросов и переносят все монтажное оборудование, такое как тали, диэлектрические преднатяжительные канаты и непосредственно сами ОКГТ. Таким образом, новый гибридный кабель может быть протянут от опоры к опоре на всю строительную длину целиком. На высоковольтных линиях, обычная строительная длина составляет приблизительно 4 км.

Siemens является самым опытным и самым успешным в мире поставщиком услуг по монтажу ОКГТ на высоковольтных линиях электропередач под напряжением, и провел первую такую установку под напряжением уже в 2000 году.



Рис. 8.2-8: Монтаж под напряжением оптического кабеля, встроенного в грозозащитный трос

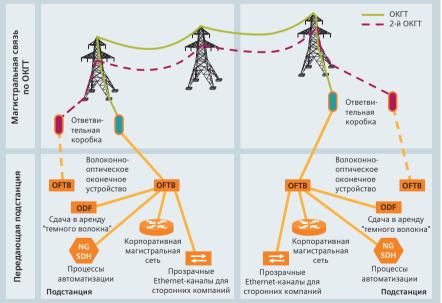


Рис. 8.2-9: Монтаж ОКГТ без снятия напряжения - варианты внедрения

8.3 Коммуникации Центра Управления

Резервированные коммуникации центра управления

Центр управления для систем энергоснабжения, таких как Spectrum Power (рис. 8.3-1), обычно конфигурируется с полным резервированием, для достижения высокой степени готовности. Туда же входят и коммуникации. В зависимости от требований системного оператора, поддерживаются различные механизмы для достижения этой цели в отношении коммуникаций.

Это включает:

- Автоматическая отказоустойчивость коммуникационных серверов
- Конфигурируемое распределение нагрузки между двумя или более коммуникационными серверами
- Автоматическая отказоустойчивость коммуникационных линий
- Контроль за резервной коммуникационной линией, включая буферизацию телеграмм

Технология коммуникаций с подстанциями и энергоустанов- ками

Технология коммуникаций с подстанциями и Удаленными Терминалами (RTUs), например на энергоустановках или в системах электроснабжения, реализована через последовательные интерфейсы или посредством базирующихся на TCP/IP сетевых внешних коммуникациях. Внешние коммуникации включают в себя функциональные возможности по предварительной обработке данных, такие как:

- Подпрограмма для снижения объема данных, например, сравнение на старые/новые данные, проверка пороговых величин
- Преобразование данных
- Масштабирование и сглаживание измеренных значений
- Проверки на достоверность для входящих данных
- Проверки данных на завершенность и мониторинг цикла
- Сбор статистики трафика данных, связанного с удаленным терминалом (RTU)

По историческим причинам, используются все виды различных протоколов Однако, как результат международной стандартизации, здесь также имеет место рыночная тенденция к использованию стандартизированных протоколов, таких как МЭК 60870-5-104, DNP3i-протокол или МЭК-61850.

Все более современные стандарты протоколов опираются на TCP/IP-базированную систему передачи данных. Однако, сегодня и в ближайшем будущем, должна быть продолжена возможность подключения стандартных устройств телеуправления (уже установленных удаленных терминалов) по последовательным интерфейсам.

Интерфейс для промышленной автоматизации/сторонних приложений ОРС (ОLE для управления процессом производства) и ОРС ИА предоставляют класс определенных интерфейсов. В общем ОРС дает возможность осуществлять всеобъемлющий обмен данными между приложениями систем автоматизации и управления, полевыми системами/полевыми устройствами, а также офисными и бизнес-приложениями.

OPC основывается на OLE/COM и DCOM-технологии. OPC UA (Унифицированная Архитектура) является продолжением и дальнейшей инновацией OPC. OPC UA базируется на чистом TCP/IP и доступен для многочисленных платформ операционных систем, включая встроенные устройства.

Коммуникации между центрами управления

Обмен данными между центрами управления обеспечивается через коммуникационные протоколы ICCP или ELCOM, и базируется на TCP/IP.

Коммуникационный протокол обмена данными между центрами управления (ICCP) - это открытый и стандартизированный протокол, основанный на МЭК 60870-6 и Application Service Element Two (TASE.2).

Данные, которыми ведется обмен, это, прежде всего, системная информация в реальном времени, такая как аналоговые значения, цифровые значения и накопленные данные, наряду с командами диспетчерского контроля.

Коммуникации с удаленными рабочими станциями/офисами Удаленные рабочие станции могут обмениваться данными с центром управления по офисной локальной сети или через Интернет-соединение. Сохранность системы и данных должна гарантироваться системными настройками безопасности, выполненными

- Защиты против атак извне
- Защиты против неавторизированного использования
- Защита от потери данных



ДЛЯ

Рис. 8.3-1: Типовые коммуникационные интерфейсы и коммуникационные партнеры центра управления на примере Spectrum Power™

8.4 Коммуникационные сетевые решения для распределительных сетей (связь для ретрансляции/доступа)

8.4 Коммуникационные сетевые решения для распределительных сетей (связь для ретрансляции/доступа)

8.4.1 Введение

В прошлом, электричество производилось, главным образом, централизованно в больших количествах, и распределялось между потребителями с помощью распределительных электрических систем. Пики энергопотребления, (например, в полдень) были хорошо известны и нейтрализовывались с помощью резервной мощности центральных энергоустановок. Однако, обычно этого было недостаточно для особого регулирования низкоуровневых распределительных электрических сетей, или даже для интегрирования потребителей в систему мониторинга сети.

С тех пор, как возобновляемая энергия получила значительное распространение, электричеством стали снабжаться обе системы, среднего напряжения и низкого напряжения, в зависимости от изменения внешних условий (например, погоды, времени суток и т.д.) Эти переменные энергетические ресурсы могут серъезно ухудшать стабильность работы распределительных сетей.

На дома приходится 40 % мирового энергопотребления и 20 % всех выбросов СО2. Однако, «умные дома» также играют центральную роль в интеллектуальных электрических сетях (Smart Grid), так как они обеспечивают огромный потенциал для энергетической эффективности. Активно воздействуя на свое потребление и производство, умные дома поддерживают стабильность системы и позволяют производителям электроэнергии рассмотреть другие варианты перед добавлением новых генераторных мошностей.

Поэтому одной из ключевых задач интеллекутальных электросетей является быстрое согласование энергоснабжения и энергопотребления в распределительной системе (рис. 8.5-1).

Предпосылкой для внедрения решения по этому запросу являются контроль и управление как можно большим числом компонентов энергоснабжающей системы на всем пути к потребителю. Основой для этого является надежная коммуникационная инфраструктура. Для среднего напряжения, как минимум, следующие системные компоненты должны быть интегрированы в интеллектуальную сеть и находиться под управлением:

- Ключевые блоки кольцевой магистральной сети
- Все крупные распределенные производители (солнечные/ ветровые энергоцентры, биогазовые/гидроэлектро энергетические установки, и.т.д.)
- Большие здания, кампусы, холодильные склады и т.д.

Для низкого напряжения, в первую очередь, привлекаются домашние хозяйства и малые производители возобновляемой энергии.

Относительно их роли в системе электроснабжения, потребители могут разделяться на две группы:

- «Стандартные потребители», которые эксплуатируют «умные» счетчики электроэнергии и оптимизируют свои расходы на электроэнергию посредством постоянных сигналов о цене электроэнергии, в зависимости от ее производства и потребления.
- «Просьюмеры» (от Prosumer = producer (производитель) + consumer (потребитель)), которые могут отдавать излишки электроэнергии в электрическую сеть такую как солнечная энергия или энергия, произведенная комбинированными тепловыми и электрическими системами (СНР); многие, такие как ночные тепловые накопители или электромобили, могут также промежуточным образом сохранять энергию, используя свои возможности.

В то время, как коммуникационные требования стандартных потребителей сконцентрированы на интеллектуальных измерениях, включающих ценовые сигналы, то требовательным потребителям (просьюмерам) должны также передаваться критичные по времени сигналы управления и данные о качестве электроэнергии. Следовательно, в дополнение к интеллектуальным счетчикам, требовательные покупатели (просьюмеры) используют энергетические шлюзы, которые соответствующим образом обрабатывают и отправляют эти сигналы управления.

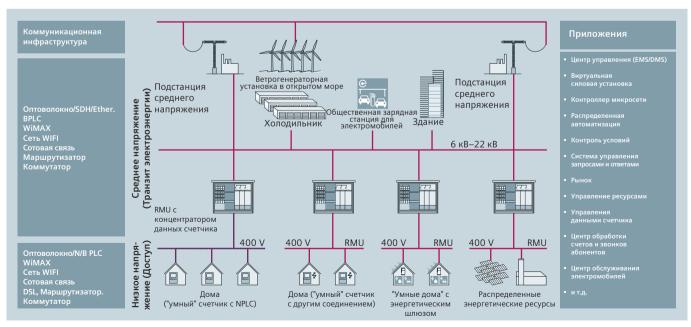


Рис. 8.4-1: Типичная распределительная электросеть включает в себя кольцевые магистральные блоки, потребителей, просьюмеров, распределенные энергетические ресурсы и т.д.

8.4 Коммуникационные сетевые решения для распределительных сетей (связь для ретрансляции/доступа)

Недавняя история интеллектуальных электрических сетей (смартгридов) уже показывает, что электростанции не внедряют их, в целом, «с нуля». Они, обычно, начинают с проектов интеллектуальных измерений с поздним расширением приложений смартгридов.

Уже с первым выходом, конструкция коммуникационной инфраструктуры должна учитывать растущие требования для этих расширений. После обширного развертывания измерительной инфраструктуры на первом этапе, неприемлемо заменять коммуникационную сеть в течение нескольких последующих лет, потому что требования для следующих подгрупп приложений смартгридов уже не могут быть удовлетворены.

Коммуникационные инфраструктуры для всех условий

Коммуникационная инфраструктура распределительных электрических систем среднего напряжения и низкого напряжения обычно является неоднородной, и соответствующие технологии зависят от большого распространения в местных условиях (крупный город, сельская местность, расстояния и т.д.) Поэтомуони должны быть специально адаптированны под каждого потребителя

Обычно, доступны следующие коммуникационные технологии:

- Волоконнооптические или медные кабели, по возможности, являются наилучшим вариантом
- Узкополосные высокочастотные системы связи по проводам линий электропередач (NPLC Narrowband Power Line Carrier) для передачи данных счетчиков; они часто уже встроенны в интеллектуальные счетчики.
- Широкополосные PLC-системы предлагают возможность IP-связи со скоростью > 1 Мбит/с
- Установка частных беспроводных сетей (например, ячеистая беспроводная сеть, частная сеть WiMAX), когда частотный диапазон доступен по разумным ценам или местные правила это позволяют
- Открытые беспроводные сети, в зависимости от установки для узкополосных коммуникаций в килобитном диапазоне (например, GPRS), или, в будущем, в мегабитном диапазоне (провайдеры LTE, WiMAX). Привлекательные тарифы на передачу данных «машина-к-машине» (M2M) и устойчивая связь, в случае перебоев в питании, являются ключевыми составляющими для становления этого коммуникационного канала в качестве привлекательного варианта.

В зависимости от того, какие приложения были установлены внутри RMU, может понадобится коммутатор/маршрутизатор Ethernet для концентрации коммуникационных потоков. Эти концентраторы данных могут быть внедрены в качестве решений «под заказ» или интегрированных, например, в RTU (удаленный терминал). Для соответствия этим требованиям, Siemens предлагает полный диапазон вышеупомянутых коммуникационных технологий включая коммутаторы и маршрутизаторы в защищенном исполнении, которые соответствуют энергетическим промышленным стандартам.

8.4.2 Коммуниккационные инфраструктуры для сетей ретрансляции и доступа

Оптоволокно

Наилучший выбор для удовлетворения всех коммуникационных запросов

Оптические волокна являются наилучшей средой передачи информации для приложений среднего и низкого уровней напряжения, так как они надежны и не восприимчивы к электромагнитным возмущениям или емкостным ограничениям. Вот почему, те системные операторы, которые выбрали эту технологию, окажутся хорошо подготовленными в будущем, когда их коммуникационные запросы увеличатся.

Волоконнооптические кабели прокладываются под землей для подключения отдельных подстанций. Эта работа связана с тяжелым общественным трудом и, следовательно, с большими затратами. Однако, когда прокладываются новые электрические кабели, анализ затрат рисует ясную картину. В этом случае, волоконнооптические кабели, как правило, следует выбирать в первую очередь.

Детальное описание преимуществ

- В центре многообразия коммуникационных систем, от пассивных оптических сетей (PON) до Ethernet и SDH
- Долговечные, невосприимчивые к электромагнитным возмушениям
- Практически неограниченная передаточная мощность

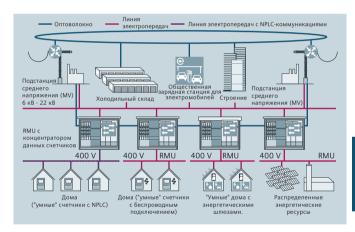


Рис. 8-4.2: Оптоволоконная инфраструктура для распределительных сетей

8.4 Коммуникационные сетевые решения для распределительных сетей (связь для ретрансляции/доступа)

Широкополосная высокочастотная связь по проводам ЛЭП

Для приложений с уровнем напряжения от низкого до среднего, с использованием существующей линии электропередач Широкополосная высокочастотная связь по проводам ЛЭП (BLPC) является привлекательной альтернативой для многих приложений сценариев развития интеллектуальных электрических сетей (смартгридов) среднего и низкого уровней напряжения.

Она использует собственную инфраструктуру подстанции в системе распределения электроэнергии, и, вследствие этого, не имеет эксплуатационных расходов (operational expenditure - OPEX) на коммуникационный канал. Поэтому, она особенно полезна для связи элементов системы электроснабжения, где нет других доступных сред коммуникаций. Буферные батареи позволяют применять удаленное управление с помощью систем автоматизации, даже в случае пропадания питания.

Изначально, BPLC использовали линии электропередач среднего напряжения, между распределительной подстанцией и трасформаторными подстанциями, в качестве коммуникационной инфраструктуры для управления процессом в области среднего напряжения.

Дополнительно, BPLC может использовать линии электропередач низкого напряжения в качестве коммуникационной инфраструктуры для приложений, связывающих трансформаторные подстанции и потребителей/домовладений (например, для интеграции в «умные» дома). BPL-модули характеризуются наличием как IP, так и RS 232 интерфейсов, и могут быть, поэтому, использованы во многих целях для различных коммуникационных приложений. Дальность передачи и пропускная способность сильно зависят от качества и возраста электрического кабеля. По приблизительным подсчетам, если пропускная способность в системах среднего напряжения лежит в диапазоне вплоть до 5 Мбит/с, то возможно расстояние до 1.5 км.

Линия электропередач с NPLC-коммуникациями Пиния электропередач с BPLC-коммуникациями пый склад среднего напряжения (MV) 6 кВ - 22 кВ RMU c концентратором данных счетчико RMU 400 V 400 V 400 V **2** Дома ("умные" счетчики с беспроводным подключением) шлюзами. ресурсы

Рис. 8-4.3: Широкополосная высокочастотная связь по проводам ЛЭП для приложений среднего и низкого уровней напряжения

WiMAX

Для транзитных RMU и требовательных потребителей (просьюмеров) Основной областью приложений для WiMAX признается ее использование в качестве транзитных RMU. Она также служит для связи рассредоточенных потребителей или конечных точек с большими коммуникационными запросами - другими словами, просьюмеров.

WiMAX (worldwide interoperability for microwave access - всемирная способность к взаимодействию для микроволнового доступа) - это основанный на стандартах телекоммуникационный протокол (серия IEEE 802.16), который обеспечивает возможность фиксированной и мобильной широкополосной связи. Будучи первоначально разработанным в качестве альтернативы фиксированным сетям с широкополосным Интернет-доступом, она эволюционировала за последние десять лет в продвинутую систему типа «один-ко-многим», которая также поддерживает мобильные приложения, такие как управление трудовыми ресурсами. Эта технология является проверенной на практике, широко распространенной и продолжает развиваться. Сети WiMAX могут быть расширены от малых до больших масштабов, что позволяет частным сетям действовать на равных на региональном и местном уровнях.

Детальные требования, так же как и специфические региональные условия, и доступность диапазона должны быть тщательно оценены для того, чтобы выбрать наиболее удобную технологию и комбинацию продуктов из широкого выбора вариантов.

Основные технические данные:

- Средняя скорость передачи данных: ~10 Мбит/с, можно увеличить вплоть до 50 Мбит/с с помощью IEEE 802.16m
- Среднее покрытие: до 10 км в условиях непрямой видимости и до 30 км в условиях прямой видимости
- Спектр радиочастот в лицензированных или не требующих лицензирования частотных диапазонах

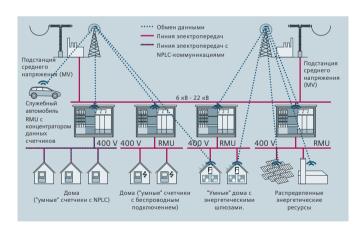


Рис. 8-4.4: **Сеть WiMAX**

8.4 Коммуникационные сетевые решения для распределительных сетей (связь для ретрансляции/доступа)

Ячеистые беспроводные сети

От потребительского доступа до транзитного RMU
Приложения для беспроводных ячеистых сетей простираются от потребительского доступа до транзитного RMU. Беспроводные ячеистые сети слагаются из взаимодействующих узлов радиосвязи, организованных в ячеистую топологию. Лежащая в основе технология для связи от одного транзитного узла к другому, может быть стандартизированной (например, серия IEEE 802.11 [Wi-Fi] или IEEE 802.15.4 [низкоскоростная беспроводная частная локальная сеть, LoWPAN]) или проприетарной (например, технологии 900 МГц в США). Ячеистые протоколы и соответствующие механизмы маршрутизации являются, с другой стороны, более свежими разработками и, поэтому, они все еще проприетарны. Благодаря их ячеистым свойствам, вместе с механизмами самонастройки и самовосстановления, ячеистые сети, по существу, предлагают простоту эксплуатации и резервирование в

Детальные требования, также как специфические местные условия должны быть тщательно оценены в плане выбора наиболее хорошо подходящей технологии.

фиксированных приложениях – но производительность ограни-

чена пределами или покрытия, или пропускной способности.

Основные технические данные:

- Средняя скорость передачи данных на транзитном участке: от ~100 кбит/с (США 900 МГц) до ~10 Мбит/с (Wi-Fi); сетевая скорость передачи данных на транзитном участке уменьшается с увеличением числа транзитных участков
- Средняя протяженность области между двумя транзитными участками:
 - ~ 1 км nLoS/~5 км LoS (США. 900-МГц);
 - ~ 100 м nLoS/~1 км LoS (Wi-Fi) расширение зоны действия посредством ячеистой сети
- Спектр радиочастот, главным образом, в не требующих лицензирования частотных диапазонах

Общественные сотовые сети

Для расширения частных коммуникационных сетей Основные области приложения для общественных мобильных радиосетей, в контексте интеллектуальных сетей электроснабжения (смартгридов), это считывание данных счетчиков и реализация контрольных функций энергосети.

В противоположность построения новых, проприетарных сетей для коммуникаций в смартгридах, также, как вариант, возможно использование существующих сотовых радиосетей, принадлежащих провайдерам коммуникационных служб. Эти сети базируются на стандартах, распространены по всему миру, и постоянно усовершенствуются и расширяются. Различные виды деятельности, такие как овладевание лицензиями на частотный диапазон, построение, эксплуатация и обслуживание сети, в то же время, гарантирование достаточного покрытия и пропускной способности в общенациональном масштабе, естественным образом управляются провайдерами коммуникационных служб. Скорость передачи данных обычно доступна в диапазоне от 50 кбит/с (GPRS) до 10 Мбит/с (HSPA), а также до 50 Мбит/с (наступающая технология LTE). Привлекательные тарифы на передачу данных и доступность сети являются ключевыми, при использовании общественных сотовых сетей для смартгрид-приложений.

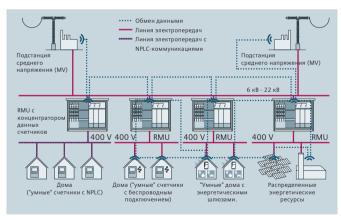


Рис. 8-4.5: Беспроводная ячеистая сеть

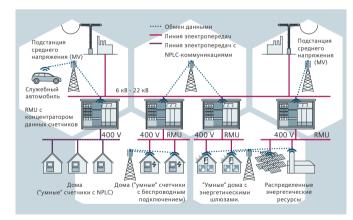


Рис. 8-4.6: Общественная сотовая сеть

8.5 IT-безопасность

Если вы представите доступность электростанции как уравнение с большим числом переменных, то надежная ІТ-безопасность является одной из основных переменных. Она включает в себя, в частности, защиту против неавторизированного доступа, физических атак и ошибок оператора, а также внутренних или внешних угроз. Что считать, больше, чем что-либо другое, однако, в конечном итоге, есть результат, а именно, функционирование энергетической системы автоматизации. Это, определенно, и есть философия Integrated Energy Automation (IT Security) (IT-безопасность в Интегрированной Энергетической Автоматизации). Всеобъемлющие решения комбинируют отдельные переменные для создания явного уравнения, которое увеличено до предела по отношению к периоду работоспособности системы. С помощью Integrated Energy Automation, Siemens предлагает концепцию ІТ-безопасности, которая не только обеспечивает безопасность и сохранность данных, но, что самое важное, их доступность. Преимущества для пользователей, заключаются, главным образом, в упрощении рабочего процесса, надежной эксплуатации и значительно сниженных валовых расходах на содержание.

8.5.1 Комплексный Подход

Графическое представление безопасной сети или, как его еще называют, план сети, образует инфраструктуру и архитектуру системы. Это основа для четкой сегментации, с которой риск для каждого связующего звена в цепочке системы автоматизации может быть точно проанализирован - несмотря на то, что ведется слежение за влиянием на систему в целом.

Вследствие этого, сеть разделена на управляемые зоны, в порядке обеспечения их IT-безопасностью точно, по необходимости, для результативной защиты данных в этой зоне, а также гарантирования непрерывного управления системой в это же самое время (рис. 8.5-1).

Зоны защищены на сетевом уровне с помощью файрвола SCADA, который контролирует поток обмена данными между зонами и блокирует опасные пакеты. Подозрительная сетевая активность внутри самих критических зон, например, сети центра управления или полевого уровня, может быть обнаружена с помощью системы обнаружения вторжений, которая просигнализирует об этом.

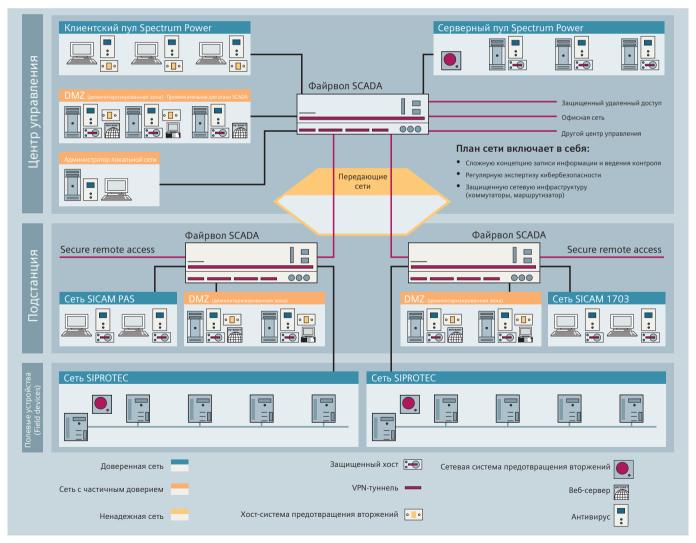


Рис. 8.5-1: Зональная концепция ІТ-безопасности

Компьютеры, подверженные особым рискам, например, в демилитаризированной зоне (DMZ), могут быть также защищены с помощью хост-системы предотвращения вторжений. Все компьютерные системы оснащены сканерами вирусов в порядке противостояния постоянной угрозе от вредоносных программ. Удаленное администрирование и подключение к другим сетям совершается посредством VPN-туннелей, что гарантирует защиту доступа на высшем уровне.

Сама, несущая нагрузку, сетевая инфраструктура (маршрутизаторы, коммутаторы) также подвергается системному укреплению, в порядке соответствия высоким требованиям безопасности для системы в целом.

8.5.2 Защита повсюду - от интерфейса к интерфейсу

С появлением Интернета и увеличением подключений к сети внутри систем, каждый интерфейс представляет собой потециальный риск. Эти риски система должна легко оценивать. В следствие этого, Siemens, с помощью Integrated Energy Automation, применяет основные принципы IT-безопасности, предлагая простую защиту. По этой причине, Siemens придает огромную важность гомогенизации, в значении стандартизированных и воспроизводимых процессов, для аутентификации, авторизации, обнаружения и предотвращения вторжений, защиты от вредоносных программ, эффективного управления исправлениями (патчами) для компонентов других производителей, стандартного ведения протоколов и постоянного тестирования защиты.

8.5.3 Постоянное укрепление приложений

Надежные продукты являются жизненно необходимой основой для безопасной сети. Поэтому Siemens постоянно укрепляет свои продукты для защиты их от атак и уязвимостей. Для этого используются: индивидуальный анализ рисков и регулярные тесты - в особенности, также, для компонентов других производителей - с определенной комбинацией тестовых программ для обнаружения уязвимостей в IT-безопасности (Test Suite).

8.5.4 Внутренняя команда CERT в качестве партнера «ноу-хау»

Siemens имеет свою собственную внутреннюю команду реагирования на аварийные ситуации в сфере компьютерной техники (Computer Emergency Response Team (CERT)). Такая, как эта, организация, которая обсуждает вопросы, критичные к ІТ-безопасности и издает актуальные предупреждения, обычно содержится только при университетах или государственных организациях, в порядке предоставления пользователям межотраслевой информации.

Внутренняя команда Siemens CERT была организована в 1997 году, и с того времени выпускает предупреждения о дырах в безопасности, одновременно предлагая подходы к решениям, которые реализовываются только в сферах компетенции компании. Работа команды Siemens CERT, в качестве партнера «ноу-хау», включает также составление правил для безопасного проектирования и программирования внутренних продуктов, и постоянного дальнейшего обучения собственных программистов. Команда СЕRT проверяет продукты на уязвимости по результатам выборочных хакерских атак. Команда также составляет и распространяет отчеты об уязвимостях и отчеты по модернизации для компонентов других производителей, и привязывает их к рекомендациям, конкретным предложениям и техническим заданиям на реализацию.

8.5.5 Разумное использование стандартов

Задачей стандартов является гарантия качества, увеличение IT-безопасности на длительное время и защита инвестиций. На сегодняшний день существуют сотни стандартов IT-безопасности, но только некоторые из них, по-настоящему, необходимы и дают результаты для системы.

На основании собственного многолетнего опыта на рынке, Siemens выбирает те стандарты и нормативы, которые надежно и эффективно защищают сеть. Это также включает советы потребителям, какие стандарты IT-безопасности необходимо соблюдать на международном, а также на региональном, уровне.

Задачей Integrated Energy Automation (IT Security) является постоянная IT-безопасность системы на долгое время. По этой причине, надежных и защищенных продуктов и инфраструктур недостаточно. С помощью Integrated Energy Automation, Siemens также внедряет соответствующие технологии безопасности, которые гарантируют, что IT-безопасность будет активно внедряться повсюду, как внутри, так и на уровне оператора электростанции, и будет гарантироваться на протяжении всего времени эксплуатации электростанции.

8.5.6 Рост IT-безопасности в процессе разработки

Комплексный подход с Integrated Energy Automation предусматривает не только слежение за внутренней системой, но также означает, безопасность продуктов уже интегрирована во внутренний процесс разработки, и не только на стадии тестирования.

Нормативы по IT-безопасности для разработки, эксплуатации, обслуживания и других функций обеспечивают, что IT-безопасность активно внедряется во все процессы. Примерами этого, являются, прежде всего, инструкции по безопасности для управления по продукту, перед тем, как продукт будет разработан или запрограммирован. Программисты работают в соответствии с определеными нормативами для безопасного кодирования, которые были определены командой Siemens CERT.

Для эффективного управления исправлениями, Siemens тестирует обновления продуктов безопасности сторонних производителей, например, файрволов, уже на этапе процесса разработки продукта. Постоянные тесты всех важных продуктов на преодоление защиты предусмотрены планом тестирования. Это также включает определение и создание тестового окружения, и сопоставление тестовых данных.

Таким образом, Siemens подвергает свои продукты объективныму и критичному сертификационному процессу, посредством чего гарантируется ІТ-безопасность и ясность, на основании соотвествующим образом выбранных стандартов.

8

8.5.7 Интеграция IT-безопасности в ежедневные операции

Система является безопасной настолько, насколько пользователь управляет этим. Поэтому высокий стандарт безопасности может быть достигнут только путем тесного сотрудничества между производителями и операторами. Процесс управления исправлениями также важен после приемосдаточных испытаний системы. С этой целью, команда Siemens CERT выпускает автоматические отчеты по недавно открытым уязвимостям, которые могут влиять на компоненты сторонних производителей в продуктах. Это позволяет пользователям Siemens быть своевременно информированными, и экономит время на определение любой служебной активности, происходящей от этого.

Доступен очень широкий выбор полезных инструментов для предоставления пользователям возможности сделать IT-безопасность обычной частью ежедневных системных операций. Непосредственно внедряются стандартизированные процессы безопасности, например, для обновлений и создания резервных копий системы. В то же самое время, предоставляются эффективные инструменты для администрированного доступа в системную сеть. Это включает эффективное управление правами, а также надежные инструменты по записи информации. Автоматически создаваемые протоколы или лог-файлы не только определены уставными нормами, но и позже помогают определить, насколько была повреждена система.

C Integrated Energy Automation Siemens предлагает разумное взаимодействие между интегральными решениями для простой и надежной энергетической автоматизации.

8.6 Службы

Бизнес на коммуникационных решениях для энергоснабжающих компаний означает не только предоставление современных продуктов, но и предложение полного спектра строительных и профессиональных служб. Обладая более чем 75-летним опытом и «ноу-хау»-технологиями, Siemens предлагает широкий диапазон продуктов для коммуникационных решений и исчерпывающий набор служб, выполненных в соответствии с запросами наших потребителей (рис. 8.6-1).

Консультирование

Поиск правильного коммуникационного решения для потребителей, на этапе до или после продажи, требует планирования и нализа. Консультанты Siemens предлагают любую поддержку по планированию и реализации лучших технических и экономичных решений для коммуникационных сетей, системной конфигурации и интеграции нового оборудования в существующую сеть.

Конструктивное исполнение

Конструирование телекоммуникационной сети означает намного больше, чем просто укомплектование аппаратным и программным обеспечением. Опыт Siemens делает возможным создание и утверждение коммуникационного решения, сконструированного точно для целей оператора.

Построение

Быстрое внедрение проекта решающим образом зависит от эффективного управления. Это гарантирует, что построение сети будет завершено быстро и эффективно.

Обслуживание/Уход

Горячая линия Siemens, техническая поддержка и концепция ремонта и замены неисправных модулей, как часть послепродажного сервиса, обеспечивает полную поддержку и предоставляет требуемое аппаратное и программное обеспечение для обновления или модернизации коммуникационных систем непосредственно при работе существующих сетей.

Обучение

Хорошо обученый персонал, который знает, как довести коммуникационную сеть до оптимального уровня использования, является ключевым моментом в получении всех преимуществ от инвестиций. Поэтому Siemens сосредотачивается не только на предоставлении выполненных по специальному заказу коммуникационных решений, но также на совместном использовании с другими своих знаний и опыта. Siemens предлагает исчерпывающую программу обучения во всей области коммуникационных решений для энергоснабжающих компаний. Обучение всегда подстраивается под область деятельности, а также под соответствующую технологию и практику.

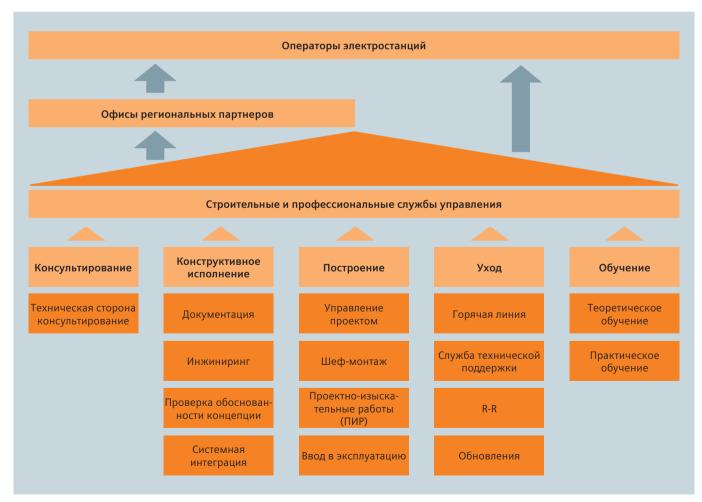


Рис. 8.6-1: Набор сервисов





9.1	Введение	472
9.2	Консалтинг в области электрических сетей	473
9.3	Программные решения	476

9 Планирование энергосистем

9.1 Введение

Любое общество сегодня чрезвычайно зависимо от электричества - это становится ясным, когда происходят крупные повреждения или длительное нарушение электроснабжения. В нашем, все в большей степени, «цифровом» обществе почти все аспекты бизнеса и частной жизни базируются на доступности электричества. Надежность электроэнергетических систем не может восприниматься как должное - в особенности, не с целевой надежностью 99,9 % или выше, значением, которому не часто удовлетворяет любая другая техническая система, аналогичная по сложности.

Цель электроснабжения - любое требуемое количество, в любое время, в любом помещении потребителя и соответствующего качества - достижима с помощью большой и сложной системы электростанций и энергосистем. Построение и управление системой электроснабжения являются исчерпывающими задачами сами по себе, и отдельные тенденции в многих частях мира требуют сегодня особого внимания.

- В некоторых странах сектор электроснабжения либерализован, это означает, что экономическая и правовая основа были повсеместно изменены, и во многих случаях, это вызвало полную реструктуризацию энергоснабжающих компаний.
- Является ли это последствием либерализации или нет, но на наиболее электрифицированных рынках экономическое давление на электроэнергетику чрезвычайно увеличилось.
- Экологическая сознательность общества увеличивается, поднимая новые вопросы перед электростанциями. В особенности, непрерывный рост распределенной генерации и генерации от возобновляемых источников энергии, тоже требует крупных изменений в существующей структуре и конфигурации сети.
- Электромобили становятся тенденцией, которая сама по себе имеет потециал, ведущий к значительному изменению современной структурной схемы энергосистемы. Внедрение большого количества электромобилей и связанных с ними зарядных станций побуждает к анализу сетевой совместимости, к необходимому усилению (укреплению) сети, и к новым подходам по управлению сетью, возможного «интеллектуального» использования мощности, аккумулируемой электромобилями.
- Электрооборудование потребителей становится все более сложным, и, вследствие этого, более чувствительными к изменению качества электроэнергии, в то же время устройства создают большие помехи в системе электроснабжения, ухудшающие качество электроэнергии.
- Все эти новые требования совместно с новыми технологиями и разработками в области электросетевого оборудования, планирования и управления сетью обуславливают переход отсовременных энергосистем на интеллектуальные электрические сети. Увеличение возможностей энергосистемы в плане коммуникаций, управления и автоматизации является ключевой предпосылкой для удовлетворения растущих требований. Детальный анализ эксплуатационных данных системы и проектирование структур интеллектуальных электросетей станут ключевыми задачами для системы электроснабжения.

Учитывая эти тенденции и свойственные им требования для изменений в системе электроснабжения, основанные на изменениях структуры потребителей (месторасположение и потребляемой мощности), новых технологиях в производстве электроэнергии (возобновляемая генерация при помощи преобразователей ветровой энергии) и электросетевом оборудовании (устройства, основанные на силовой электронике), также как и износ (возраст) элементов системы, становится очевидным, что система

энергоснабжения является предметом постоянной модификации, реконструкции и расширения. Несмотря на большое число различных требований к системам энергоснабжения и их различные стадии развития в разных частях мира, существует типовая многоуровневая структура, общая почти для любой системы энергоснабжения, как показано на рис. 9.1-1.

- Типичная иерархическая структура систем энергоснабжения напоминает пирамиду. Основание формируется из распределительных сетей низкого напряжения (НН, до 1 кВ), к которым подключены большинство потребителей. Начиная с бытовых потребителей, требующих, в среднем, небольшую мощность (несколько кВт), до крупных коммерческих или промышленных потребителей, потреблящих мощность в несколько МВт, большинство потребителей предъявляют значительные требования по питанию и компонентам систем НН. Обычно, типовые проектные решения используются для очень простых конфигураций сети (в основном, радиальные сети), для того, чтобы справиться с большим числом оборудования и экономическми ограничениями. В то время, как множество малых генерирующих агрегатов установлено в нескольких местах (так называемая, распределенная генерация) - и многие из этих распределенных генерирующих агрегатов (Distributed Generation, DG) приводятся в действие возобновляемыми источниками энергии (Renewable Energy Sources, RES), такими как солнечная или ветровая энергия - большое количество потребляемой мощность передается из распределительных сетей среднего напряжения (СН, от 1 до 50 кВ).
- Географическое распределение требуемых нагрузок определяет размещение СН/НН-подстанций, обычно известных как ТП или РП (Ring Main Units, RMU), и предназначеных для прямого подключения к сетям среднего напряжения (СН) крупных коммерческих или промышленных потребителей. Электрическая конфигурация и полная структура сети распределительной сети СН, в основном, определяется требованиям нагрузки, и путем размещения больших DG-узлов или групп DG-узлов, например, ветряных или электростанций небольшой мощности. Преимущественно используются типовые проектные решения и простые структуры электросети, однако, также распространены индивидуальные и более сложные решения для особых случаев, таких как важные ВН/СН или СН/СН-подстанции или потре-

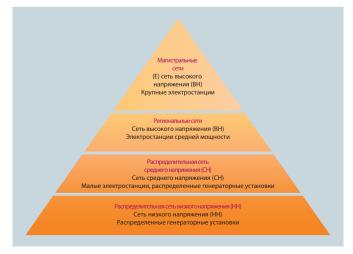


Рис. 9.1-1: Иерархическая структура систем электроснабжения

9.2 Консалтинг в области электрических сетей

- бители с особыми требованиями к качеству электроэнергии.
- Региональные сти обычно состоят из местных высоковольтных сетей (ВН, от 50 до 200 кВ) и электростанций средней мощности. Электроэнергией снабжаются отдельные ВН/СН-подстанции, которые питают нижестоящие СН-сети. В то время как сбои в работе распределительных сетей часто приводят к индивидуальным или локальным нарушениям в электроснабжении потребителей, то сбои в работе региональных сетей могут привести к более широким, региональным нарушениям в электроснабжении. Поэтому, такие сети обычно эксплуатируются в сложнозамкнутой системе.
- В заключение необходимо отметить, что магистральные сети включают в себя сети высокого (ВН) и сверхвысокого напряжения (СВН, от 200 до 750 кВ и выше), связанные, где это возможно, с соседними системами и странами. Электросети характеризуются сравнительно низким числом компонентов и индивидуальностью решений для каждого отдельного случая. Крупные электростанции, обеспечивая большую часть вырабатываемой электроэнергии, подключены к магистральным сетям. Работа в объединенной энергосистеме позволяет системным операторам использовать эффекты выравнивания различных графиков нагрузки и характеристик электростанций, находящихся в различных географических условиях, например, гидроаккумулирующая ГЭС в Альпах. Такой подход является высокоэкономичным способом предоставления полного резерва генераторной мощности и поддержки в аварийных ситуациях. Аварии в передающих (магистральных) сетях влекут за собой опасность отключений электроэнергии на больших территориях или даже в целых странах. Кроме сложнозамкнутого режима работы особое внимание уделяется конструкции подстанций в магистральных сетях.

- Надежность, способность системы, в нормальном режиме работы, снабжать электроэнергией всех потребителей
- Безопасность, защита людей и оборудования от ущерба и повреждений, вызываемых электричеством
- Устойчивость, стабильность системы, особенно после повреждений, таких как сдвиги нагрузок или отказы электрооборудования
- Качество электроэнергии, бесперебойное снабжение электроэнергией с постоянной частотой, уровнем напряжения и другими показателями качества также при сбоях в работе
- Экономическая эффективность, соблюдение определенных бюджетов и других критериев экономической эффективности
- Экологическая эффективность, предотвращение выбросов и минимизация воздействия электроэнергетического оборудования (например, линий электропередач) на окружающую среду

Планирование электрических сетей требует разработки и обеспечения стратегического развития любого проекта по реконструкции, расширению или модификации в системе электроснабжения, и это связано со всеми фазами жизненного цикла подобных проектов (рис. 9.2-1). Изначально было очевидно, что планирование сети имеет место как на этапе разработки основной концепции и техникоэкономическом обосновании проекта, так и на последующих этапах планирования. В процессе работы оборудования, такие задачи как определение причины аварии, анализ параметров и режимов эксплуатации и определение режимов плановых ремонтов, требуют применения методов планирования сети. В конечном счете, необходимость развития, расширения или реконструкции завершает жизненный цикл и/или запускает новые проекты, поддерживаемые сетевым консалтингом.

Сложность сетевого планирования возрастает не только от значительной географической протяженности системы электроснабжения, но и от различных иерархических уровней особенностей их работы. Это также осложняется тем фактом, что различные задачи (цели) часто являются несовместимыми, например технические характеристики и экономическая эффективность. Сетевое планирование покрывает широкий диапазон различных временных интервалов - далекое будущее, ближайшее будущее и несколько дней, часов или минут.

9.2 Консалтинг в области электрических сетей

Процесс планирования сети

Ключевые характеристики планирования сети всегда находятся в контексте системы. Система электроснабжения - это больше, чем просто комбинация коммутационной аппаратуры, трансформаторов, воздушных ЛЭП, кабелей и вторичного оборудования для защиты, управления и связи. Это совокупность всех этих компонентов в законченное решение, удовлетворяющее требованиям потребителей по графику нагрузки и качеству электроэнергии. В то время, как задачи высокой сложности и важности решаются на стадии проектно-конструкторских работ на уровне оборудования, существует задача сетевого планирования для определения функциональных особенностей каждого отдельного элемента и для обеспечения безопасной и бесперебойной эксплуатации системы в целом.

Сложность системы электроснабжения требует основательного и точного планирования для удовлетворения следующим требованиям:

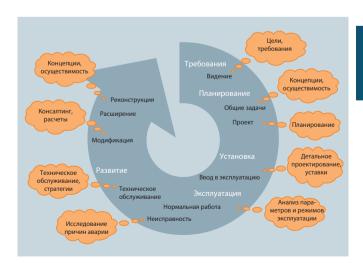


Рис. 9.2-1: Жизненный цикл проекта и задачи сетевого планирования

9.2 Консалтинг в области электрических сетей

В эксплуатируемой системе временные и стоимостные ограничения часто являются наиболее важными задачами при планировании необходимых изменений и обновлений. Обычно каждое из этих изменений влечет за собой несущественные изменения в сети - однако, существует непрерывный спрос на такие проекты. Часто система развивается во все более и более сложную сетевую структуру с более сложными принципами работы.

Стратегические проекты планирования сети необходимо предоставлять регулярно. Целью этого является переоценка требуемой нагрузки и надежд на качество, которые должна будет удовлетворить система для интеграции самых последних разработок в технологии оборудования и принципов проектирования системы и для «обрезки» ожидаемой технологической и экономической эффективности к текущим потребностям и бюджету, того что делает электросеть «приспособленной к будущему». В этом контексте разработка подходящих долговременных концепций является ключевым требованием, и обычно это первое, что требуется в планируемых проектах - с последующим сбором данных и анализом существующей модели (конфигурации) системы (рис. 9.2-2), который может точно обнаружить слабые места, требующие безотлагательных мер. Фактическое планирование сети должно начинаться с долгосрочного прогноза, для возможности разработки вариантов стратегического развития, которые затем будут выступать в качестве руководящих указаний для построения кратко- и среднесрочных решений, как общее для всех решений следование определенным принципам планирования.

Разработка и анализ таких сетевых решений являются главными задачами стратегического планирования сети (рис. 9.2-3). Как было показано, этот процесс начинается с составления модели системы, которая во многих случаях является моделью системы в ее текущем состоянии. Модель сетевого планирования должна принимать во внимание, по меньшей мере, топологические и электротехнические данные оборудования, и также может учитывать несколько других параметров, как это требуется для технического анализа, который должен стать предметом изучения. На практике состояние и доступность данных часто являются наиболее острыми проблемами при планировании сети, особенно при более точном анализе и предъявлении соответствующих требований к данным.

Новые варианты разрабатываются, на основании этой модели сети для точно определенного базового сценария. Этот процесс определяет осноную структурную схему сети, принимая критерии планирования и стандартную конфигурацию оборудования, как данные, определенные при различных исследованиях, например, на опытных участках системы или абстрактных сетевых моделях. Этот процесс охватывает множество элементарных вопросов, таких как установление соответствия между уровнями напряжения и сетевыми структурами, а также множество более подробных вопросов реализации индивидуальных решений, где это необходимо. Несколько различных вариантов системы - каждый, удовлетворяющий определенным требованиям, с учетом полной схемы (конфигурации) сети и типов оборудования - являются результатом этого этапа.

Для получения окончательного решения требуется тщательный технико-экономический анализ различных вариантов системы. Здесь выполняются различные технические и экономические расчеты режимов работы сети, такие как:

- Расчет потокораспределения и анализ потребления реактивной мощности, определение, например, уровни напряжения на всех шинах, нагрузки линий и трансформаторов, уставки переключения отпаек трансформатора, потерь.
- Расчет тока короткого замыкания, оценка, например, значений максимального и минимального токов короткого замыкания для различных видов повреждений в различных точках.

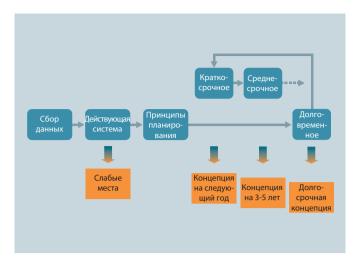


Рис. 9.2-2: Цикл стратегического планирования сети

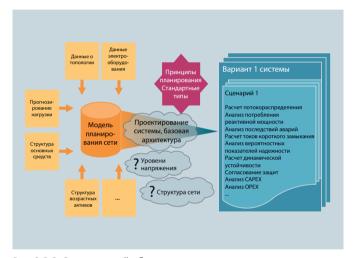


Рис. 9.2-3: Схематичный обзор процесса планирования сети

- Расчет вероятностных показателей надежности, представление ожидаемых значений показателей надежности, таких как SAIDI (средний индекс длительности прерываний в работе системы) и частота прерываний.
- Расчет динамической устойчивости, определение, например, влияния аварий на стабильность работы генераторов системы
- Согласование защит, определение основных требований и подходящих параметров для селективности и быстрого отключения электрических повреждений.
- Экономический анализ, оценка, например, требуемых САРЕХ (капиталовложений) и ОРЕХ (эксплуатационных издержек) для сети.
- Разработка принципов автоматизации и управления, обеспечивающих соответствие требованиям эксплуатационных характеристик.
- Другие исследования и расчеты зависят от глубины изучения

Технические расчеты должны выполняться согласно действующим международным и национальным стандартам, относящимся к соответствующему проекту, а также специфическим для потребителя стандартам и требованиям. Возможна недостаточность выполнения определенной совокупности расчетов только для одного режима - обычно несколько различных системных прогнозов должны быть проанализированы для каждого вариан-

9.2 Консалтинг в области электрических сетей

та. Различные системные прогнозы характеризуются, например, разными составами нагрузок (зима/лето) и условиями эксплуатации (нормальная работа/работа со сбоями), или различными фазами перехода из существующего состояния сети к искомому желаемому состоянию. В итоге получают полную информацию о технической и экономической эффективности различных вариантов сети. Оценка этих результатов приведет к окончательному решению или определению проблемы, подлежащей изучению.

Типовые решения, направляемые в проект планирования сети Проекты планирования сетей являются исключительно индивидуальными, потому что в каждом случае должны быть учтены специальные условия сферы электроснабжения, потребности в нагрузке и географическое распределение, технические стандарты и требования, текущее состояние существующей системы и т.д. Фактический масштаб и цель каждого проекта также индивидуальны. Типовые вопросы, которые могут быть направлены на сетевое планирование, включают:

- Долгосрочное планирование сетей Необходимо получить полностью новые структуры, модификации или варианты развития, которые должны быть разработаны для индивидуальных установок, конкретных областей внутри системы или даже для систем энергоснабжения целиком. Объем проекта может охватывать все, начиная от выбора основной конфигурации сети и уровней напряжения и заканчивая подробными функциональными техническими спецификациями для проекта подстанции. Типовые аспекты рассматриваемого системного уровня - сети передачи электроэнергии, распределительные сети или промышленные сети также должны рассматриваться.
- Динамическая характеристика генераторов и сетей передачи электроэнергии Сети передачи электроэнергии должны безопасно эксплуатироваться в системах электроснабжения на больших расстояниях. Главной задачей является устойчивость системы, включая различные отдельные аспекты, такие как межсистемные и внутрисистемные качания генераторов, стабильность переходных режимов и стабильность уровня напряжения. В крупных энергосистемах отдельные генераторы или группы генераторов могут начать раскачиваться по отношению друг к другу в результате изменений режимов работы или нарушений нормальной работы системы. Эти внутрисистемные колебания должны эффективно затухать для предотвращения неустойчивой работы системы. Путем соответствующих расчетов колебания анализируются и оцениваются оптимальное расположение и настройки устройств гашения колебаний.
- Динамические характеристики промышленных сетей. В промышленных сетях, включающих в себя местные генераторные установки, динамические характеристики особенно важны. Кроме требований к пуску местной генерации в работу, требуется соответствующее планирование отдельных вариантов развития событий, таких как ослабление связей с общей сетью, изолированная работа части электроэнергетической системы или восстановление системы после провалов напряжения. В дополнение к этому пуск крупных двигателей может повлиять на динамические характеристики системы.
- Проектирование и согласование уставок защит Аварии в системе электроснабжения случаются редко, но, тем не менее, регулярно, например, удары молний. Они требуют устранения так быстро и избирательно, как только это возможно для уменьшения угроз безопасности и влияний на работу системы. Проектирование соответствующих систем защиты, с учетом также возможности резервирования защиты, и расчет соответствующих функциональных параметров для каждого реле защиты, гарантируют удовлетворение этих требований.

• Управление ресурсами

Систематический и полный учет технических и экономических показателей эффективности как для отдельного оборудования, так и для целой системы в течение всего времени эксплуатации, требует точных данных. Точная информация может быть предоставлена только соотвествующими расчетами сети и поддержкой, например, принятием приоритетов в графиках технического обслуживания оборудования или обновляемых программ по прогнозированию ожидаемых технических характеристик системы.

Качество энергии

В наши дни большинство бытовых электроприборов становится все более чувствительным к проблемам качества электроэнергии, таким как гармоники, колебания или провалы напряжения. Важно определить текущее состояние подобных показателей качества электроэнергии в системе путем расчетов, и включить эти показатели в модель системы для определения необходимых мер по их снижению, например, установка фильтров. Гармоники становятся даже более широко распространенной проблемой, так как новые виды бытовых электроприборов часто генерируют значительные уровни гармоник. В результате общее нелинейное искажение увеличивается, а определенные сетевые конфигурации могут даже привести к резонансу.

- Заземление и помехи
- Заземление является важной частью систем энергоснабжения и очень важно для обеспечения безопасности. Соответствующее заземление должно гарантировать, что токи короткого замыкания будут ограничены до допустимых уровней, а в конструкции систем заземления должны быть учтены местные геологические особенности. Токи короткого замыкания или магнитные поля могут также вызвать наведенные токи в других технических сетях. Подобные токи, например, в электрических, коммуникационных сетях или трубопроводах, нуждаются в изучении соответствующего их ограничения и мер защиты (все это называется электромагнитной совместимостью, ЭМС).
- Координация изоляции, коммутационные переходные процессы Электрическое явление, относящееся, например, к переключениям или ударам молний, может привести к большим перегрузкам по напряжению в системах электроснабжения. Для предотвращения значительных повреждений оборудования, требуется соответствующий уровень изоляции всех компонентов. Соответствующие результаты исследований могут включать измерения подобных переходных явлений, соответствующее моделирование на специальных приборах анализа электросети и размещение и расчет разрядных устройств и другого ограничивающего оборудования.
- Специальные системы энергоснабжения Наряду с общеизвестными сетями коммунального и промышленного энергоснабжения, специальные системы энергоснабжения применяются для особых задач, таких как нефтебуровые и откачивающие платформы и суда, подводные системы ВЭС или нефтяных и газовых установках, или отдельные источники электроснабжения для рудных шахт. Для всех этих систем должны быть определены и сформированы различные задачи планирования, в порядке обеспечения безопасной и надежной эксплуатации входящих в их состав компонентов и аспектов.

9.3 Программные решения

Возможности Siemens в области сетевого консалтинга

Siemens Power Technologies International (Siemens PTI), провайдер услуг сетевого консалтинга, программных решений и Т&D-обучения внутри подразделения интеллектуальных сетей, предлагает сервис сетевого консалтинга по любым вопросам, относящимся к планированию и работе сетей электроснабжения. Кроме более, чем сотни преданных своему делу инженеров-консультантов, работающих в различных международных отделениях, у нас есть опытные и признанные во всем мире эксперты, которых можно привлечь для любого проекта.

Подобные проекты разнятся от малых исследований, например, определения функциональных параметров одного реле защиты, которое должно быть установлено на кране для перегрузки контейнеров, до очень больших проектов, например, разработка генерального плана для системы передачи электроэнергии в масштабах всей страны, а также долговременных партнерских отношений с клиентами. Основным является высокое качество технических результатов и высокий уровень профессионализма и объективности, при проведении консультаций по проекту.

Сфера компетенций Siemens PTI проиллюстрирована на рис. 9.2-4:

- Высококвалифицированные кадры и опыт работ на любом уровне системы: конечно же от распределительных сетей НН до систем передачи электроэнергии СВН - в трехфазных системах переменного тока (АС), но также и в однофазных системах переменного тока или постоянного тока (DC), и при внедрении устройств постоянного тока, таких как высоковольтные линии постоянного тока (HVDC) или гибкие системы передачи переменного тока (FACTS).
- Близость к специальным требованиям как коммунальных предприятий на распределительном уровне, а также уровне передачи, так и промышленных или коммерческих потребителей в любой отрасли и любого размера.
- Учет как основного оборудования, т.е. сетевой структуры
 и функциональных требований для коммутационной аппаратуры, трансформаторов и линий, так и вспомогательного
 оборудования, т.е. конструкции системы защиты, согласования
 уставок релейной защиты или автоматики энергосистемы.

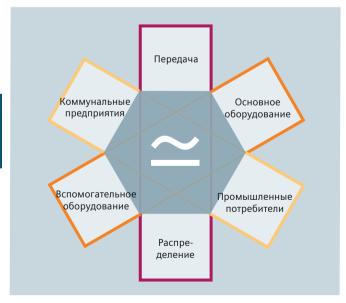


Рис. 9.2-4: Возможности Siemens PTI в области сетевого консалтинга

Подробная информация доступна на сайте Siemens Power
Technologies International:
www.siemens.com/power-technologies

9.3 Программные решения

Различные расчеты технических и экономических характеристик действующей системы или планируемых вариантов являются частью процесса планирования сети. Очень важна доступность соответствующих инструментов. Кроме очевидных требований о том, что результаты расчетов должны быть точными и достоверными, насколько это возможно, в особенности благодаря качеству как расчетных инструментов, так и вводимых данных, некоторые другие требования необходимы для успешного и эффективного использования инструментов планирования сети

- Модель сети
- Качество расчетов зависит, прежде всего, от качества вводимых данных. Структура и сложность модели данных должна поддерживать различные вычисления, включая и те, что предназначены для моделей очень больших сетей. В больших системах вопрос того, как сеть и данные будут структурированы и представлены пользователю, имеет чрезвычайную важность для эффективного использования программных инструментов.
- Интерфейс пользователя.
 Вычислительные алгоритмы, внедренные в программные средства, достигли очень высокого уровня сложности и управляются множеством различных параметров. Обработка и управление сложными сетевыми моделями само по себе являются сложными задачами. Поэтому интуитивный, но обширный
- пользовательский интерфейс является ключевым требованием для современных программных средств.
- Управление результатами вычислений После выполненных текущих расчетов, результаты должны быть проанализированы и представлены пользователю. Во многих случаях это означает больше, чем печать таблиц или сетевых диаграмм с точными значениями результатов, прикрепленных к соответствующим компонентам. Составление полных графических представлений, таблиц и отчетов относящихся как к предопределенным, так и к пользовательским структурам предоставляют значительную поддержку в выполнении проектов планирования сети и должны поддерживаться программными средствами.

Siemens использует свой большой опыт и технологии в планировании сетей для разработки мощных инструментов для анализа и моделирования работы системы для помощи инженерам в их высоко ответственной работе. Программные средства пакета Power System Simulator PSS®Product Suite являются лидирующими продуктами в отношении технической производительности и удобству для пользователя. Исчерпывающий набор интерфейсов позволяет обмениваться информацией со всеми программными средствами пакета PSS®Product Suite, а также поддерживает интеграцию с другими IT-системами.

PSS®E

PSS®E (симулятор энергосистем для инжиниринга, Power System Simulator for Engineering) является главным программным инструментом, которым пользуются предприятия, обеспечивающие передачу электроэнергии и консультанты во всем мире, для более чем 800 постоянных клиентов и 10 000 пользователей в более чем 100 странах.

PSS®E является интегрированной интерактивной программой для моделирования, анализа и оптимизации производительности энергетических систем - обеспечивая инженеров-проектировщиков систем передачи электроэнергии и инженеров по эксплуатации широким диапазоном методик для использования в проектировании и эксплуатации надежных электросетей.

9.3 Программные решения

PSS®E имеет современный, легкий в использовании, графический пользовательский интерфейс (Graphical User Interface, GUI). GUI способен записывать последовательности команд, для помощи пользователю в создании макросов, которые могут быть использованы для автоматизации повторяющихся вычислений. PSS®E использовался в производственном режиме на самых больших сетевых моделях, на которых проводилось моделирование. Стандартной функцией является предоставление общих отчетов в удобночитаемых форматах. Большинство данных вводится и изменяется через однолинейную диаграмму (рис. 9.3-1).

Программные составляющие PSS®E:

- Потокораспределение мощности
 - PV/QV Анализ
 - Анализ чувствительности
 - Моделирование FACTS/HVDC
 - Продвинутый анализ аварийных ситуаций с корректировкой действий и поддержкой многопроцессорной системы.
- Динамика
 - Графический конструктор моделей (Graphical Model Builder, GMB)
 - Анализ слабых сигналов
 - Моделирование ветряных турбин
 - Спектральный анализ (NEVA)
- Надежность
- Короткое замыкание:
- Оптимальное потокораспределение мощности (Optimal Power Flow, OPF)
- Превентивная безопасность ОРБ
- Поддержка скриптового языка программирования Python
- Менеджер сценариев
- Интерактивная проверка данных

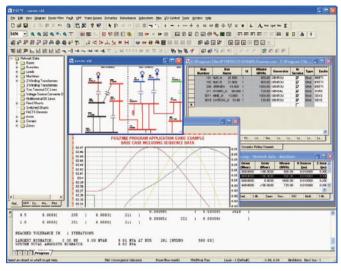
PSS®SINCAL

PSS®SINCAL (Siemens Network Calculation) - это высокопроизводительный инструмент планирования для моделирования, оценки и оптимизации систем снабжения. Он успешно применяется на более чем 300 муниципальных коммунальных предприятиях, региональных и национальных энергоснабжающих компаниях, индустриальных установках и консультационных фирмах по всему миру.

PSS®SINCAL предлагает современную программную технологию и полностью описанный набор аналитических методик для электросетей, а также для газовых сетей, сетей водоснабжения и районных сетей отопления/охлаждения - интегрированных в единый мощный и интуитивный пользовательский интерфейс (рис. 9.3-3). Использование коммерческой базы данных, как хранилища данных, позволяет интегрироваться в ІТ-окружение потребителя. Высокотехнологичные элементы автоматизации базируются на технологии СОМ-сервер и позволяют внедрять конкретные пользовательские решения. Доступность множества готовых к использованию интерфейсов облегчает интеграцию в существующие IT-архитектуры. PSS®SINCAL также выступает как основа для главной базы данных всех продуктов Siemens в области анализа энергосистем. Его полностью несимметричная сетевая модель делает его прекрасным инструментом для моделирования распределенной генерации ветряных электростанций.

Программные части PSS®SINCAL:

- Электрические сети (симметричные и несимметричные)
 - Потокораспределение мощности
 - Интеллектуальное потокораспределение мощности, связанное с системами баз данных измерений
 - Короткое замыкание в соответствии с основными стандартами и предаварийной нагрузкой
 - Модули для согласования защит, расчетов модели и уставок, расчета опасности дугового пробоя
- Модули для оптимального потокораспределения мощности, оптимального разветвления и оптимизации компенсации



Планирование энергосистем

Рис. 9.3-1: PSS®E для задач планирования системы передачи электроэнергии

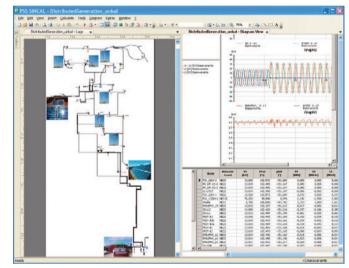


Рис. 9.3-2: PSS®SINCAL для задач планирования коммунальных и промышленных электросетей

- Стратегическое развитие сети
- Оптимизация и автоматичесоке проектирование сетевых структур
- Экономические вычисления
- Модули для управления гармониками и пульсациями
- Анализ аварийных ситуаций с возможностью отключения
- Модули для системной динамики, включая пуск двигателя, устойчивость при переходных процессах, электромагнитные переходные процессы, спектральный и модальный анализ (NEVA), а также графический конструктор модели (GMB), библиотеки моделей.
- Расчет вероятностных показателей надежности
- Водопровод
- Расчеты установившихся режимов для сетей газо/водоснабжения/отопления/охлаждения
- Анализ непредвиденных ситуаций для сетей газо/водоснабжения/отопления/охлаждения
- Квази-динамическое моделирование для сетей газо/водоснабжения/отопления/охлаждения
- Моделирование сетей водоснабжения для пожаротушения
- Заполнение водонапорной башни
- Управление многопользовательским проектом.

PSS®PDMS – Система управления устройствами защиты (Protection Device Management System)

PSS®PDMS (Protection Device Management System) является универсальной программой для централизованного управления устройствами защиты и их настройками Все данные сохраняются в центральной реляционной базе данных и доступны для обмена данными с другими программами, такими как программное обеспечение для параметрирования реле, средства планирования сети, системы учета основных средств.

Для параметрирования различных функций современных устройств защиты необходимо большое количество уставок (дистанционная, дифференциальная защита, резервная/направленная МТЗ, защита от перегрузки, резервная защита от замыканий на землю, мониторинг измерений и т.д.). В любой момент времени от начала расчетов до параметрирования и тестирования - уставки и сопутствующие документы должны быть доступными для анализа, а состояние рабочего процесса должно иметь понятную индикацию. ПО PSS®PDMS разработано для облегчения процесса управления сложными данными защиты, включающего привлечение различного персонала, управление различными группами уставок для изменения конфигурации сети, а также для работы с различными встроенными программами (прошивками). На рис. 9.3-3 показан пользовательский интерфейс PSS®PDMS, а на рис. 9.3-4 - характерные потоки данных защиты на электростанции.

Ключевые характеристики PSS®PDMS

- Многопользовательские приложения предприятия
- Все данные хранятся в одной центральной реляционной базе данных (или Microsoft® Access®, Oracle® Database, или Microsoft® SQL Server®)
- Современный пользовательский интерфейс Microsoft® Windows® для оптимального управления данными
- Устройства защиты моделируются полностью, со всеми функциями и настройками, включая различные группы уставок для каждого реле.
- Уставки проверяются на предмет доступных диапазонов уставок.
- Прямое создание шаблонов устройств защиты и управление ими
- Простое подключение к внешним документам (файлы параметров, руководства по защитам и т.д.)
- Экстенсивные функции для импорта и эспорта реле
- Спецификация и кастомизация прав пользователей и прав доступа
- Поддерживает определяемые пользователем рабочие процессы (например, планирование, утверждение или активизация настроек, включая историю изменения)
- Обмен данными с программным обеспечением моделирования энергосистем PSS®SINCAL позволяет инженерам по защите в процессе моделирования проверять настройки напрямую в сетевой модели.

PSS®NETOMAC

Отмена госконтроля энергетического рынка создает новый спрос на инженеров-проектировщиков систем и системных операторов для коммунально-бытовых энергосистем и промышленных компаний. Традиционные сферы деятельности должны быть пересмотрены заново, а новые должны быть освоены. В порядке достижения цели на сегодняшних новых конкурентных рынках, крайне важно иметь доступ ко всей необходимой информации в нужное время в нужном месте. А также становится все более важна защита от глобальных аварий в системе электроснабжения (рис. 9.3-5).

PSS®NETOMAC (машинное управление «перекосами» сети, Network Torsion Machine Control) является средством профессионального планирования сети созданным для управления анализом установившегося режима и динамическим анализом энергетической системы. Предоставляется множество вариантов предварительной обработки, таких как параметрирование воздушных линий электропередач, кабелей или двигателей и идентификация параметров модели. Средства системного анализа дополняются методами оптимизации, определяемыми пользователем.

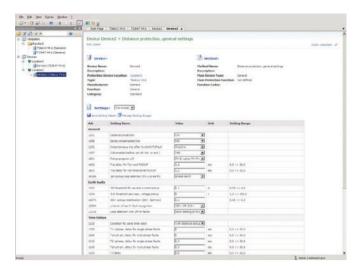


Рис. 9.3-3: Пользовательский интерфейс PSS®PDMS

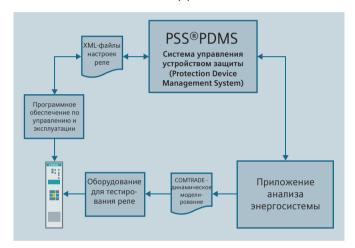


Рис. 9.3-4: Потоки данных защиты

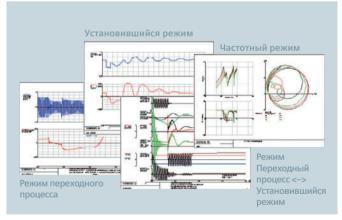


Рис. 9.3-5: Результаты расчетов частотных и временных промежутков

9.3 Программные решения

В результате PSS®NETOMAC предлагает широкий спектр возможностей:

- Моделирование явлений электромагнитных и электромеханических переходных процессов за выбранный промежуток времени
- Управление симметричными/несимметричным сетями и сетями постоянного тока (DC)
- Расчеты потокораспределения нагрузок в установившемся режиме и токов короткого замыкания
- Анализ частотного диапазона
- Спектральный и модальный анализ (NEVA)
- Моделирование систем крутильных колебаний
- Идентификация и оптимизация параметров
- Изменение состояния в пассивных и активных электросетях
- Интерактивный учебный симулятор сети
- Моделирование в реальном времени (DINEMO)
- Расширенный пользовательский интерфейс для графического ввода сети, структур контроллеров и результирующей документации
- Импорт и экспорт данных из и в пакеты планирования, например, PSS®E, PSS®SINCAL и т.д.
- Графический конструктор модели (Graphical Model Builder, GMB)
- Интерфейс к динамическим моделям, построенным с помощью Simulink®

DINEMO

DINEMO (цифровая модель сети, Digital Network Model) - это интеллектуальное устройство обработки сигналов, которое работает как трансивер реального времени между реле защиты или контроллерами турбин и программами моделирования для электроэнергетических систем, таких как PSS®NETOMAC. DINEMO работает на обычном ПК с ОС Windows® и позволяет моделирование в реальном времени до 16 аналоговых выходных сигналов, которые непрерывно просчитываются в PSS®NETOMAC. Четыре аналоговых или шестнадцать цифровых сигналов обратной связи могут быть обработаны в процессе тестирования, обеспечивая контур взаимодействия между реле защиты или контроллерами и программой моделирования. Такие тесты в реальном времени, с временем цикла до 0.15 мс, возможны с использованием PSS®NETOMAC с его высокоскоростными вычислительными алгоритмами, при работе на двухъядерных центральных процессорах. DINEMO используется для тестов с аналоговыми контроллерами с входным напряжением максимум ±10 В и с частотами до 5 кГц. С помощью дополнительных усилителей мощности, тесты, приближенные к реальному времени, могут быть выполнены с использованием стандартных реле защиты. DINEMO позволяет выполнять комплексные испытания на релейных схемах защиты, с использованием точных моделей всех сетевых элементов (рис. 9.3-6).

SIGUARD® Solutions

SIGUARD®Solutions предлагают комбинацию программного обеспечения, услуг обучения и консалтинга для подготовки пользователей к новым задачам и будущим требованиям безопасности в управлении энергетическими системами. Применение SIGUARD®Solutions предоставляет следующие преимущества:

- Предотвращение аварий в энергосистеме (блэкаутов)
- Повышение коэффициента использования энергосистемы
- Улучшение информированности о состоянии системы

SIGUARD® Solutions поддерживают процесс принятия решений оператором энергосистемы. Основная идея заключается в увеличении наблюдаемости и управляемости системы, и в формировании автоматической интеллектуальной оценки безопасности. Обзор программных средств SIGUARD® приведен на рис. 9.3-7.

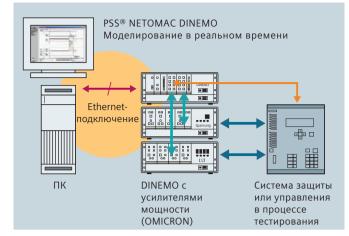


Рис. 9.3-6: Принцип устройства приложения DINEMO

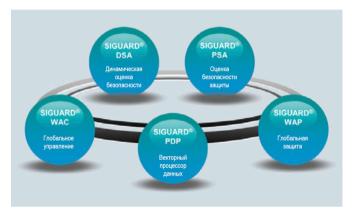


Рис. 9.3-7: Иллюстрация элементов единого ПО SIGUARD® Solutions

SIGUARD®PDP — Процессор обработки данных по фазам (Phasor Data Processor) увеличивает наблюдаемость энергосистем с помощью синхронизированных по времени, высокоточных измерений (PMU — блоки измерений фаз, Phase Measurement Units).

SIGUARD®DSA - автоматическая и интеллектуальная динамическая оценка безопасности (Dynamic Security Assessment) для расчета запаса устойчивости и подтверждения мер по устранению последствий аварии.

SIGUARD®PSA - автоматическая и интеллектуальная оценка состояния защиты (Protection Security Assessment) для поиска слабых мест в системе защиты.

SIGUARD®WAC - система глобального контроля (Wide Area Control) для реализации оптимальных мер по устранению последствий аварии, которые были подтверждены в SIGUARD®DSA.

SIGUARD®WAP — система глобальной защиты (Wide Area Protection) для реализации адаптивных настроек и специальных схем защиты, которые были подтверждены в SIGUARD®PSA.

Команда SIGUARD® предлагает сочетание программного обеспечения, услуг обучения и консалтинга для наших потребителей. Программное обеспечение формирует основу SIGUARD. Мы предоставляем следующие услуги:

- Пуско-наладочные работы на месте эксплуатации всех или отдельных частей SIGUARD®Solutions,
- Адаптация к диспетчерским приложениям любого производителя,

9.3 Программные решения

- Адаптация моделей энергосистем любого производителя к формату SIGUARD®
- Адаптация к специфическим требованиям энергосистемы (например, сетевой стандарт)

В рамках SIGUARD®Solutions, предлагается обучение по следующим темам:

- Динамика энергосистем
- Оценка стабильности уровня напряжения
- Оценка стабильности переходных процессов
- Оценка стабильности слабых сигналов
- Управление программными компонентами SIGUARD®

В дополнение к этому мы обеспечиваем постоянную поддержку в качестве консультантов, когда это касается системного обучения, относящегося к специальным схемам защиты, мер по устранению последствий аварии, проектирования энергосистем и защиты.

PSS®ODMS

PSS®ODMS это пакет управления данными и сетевых приложений, сосредоточенный на международных стандартах Common Information Model (CIM) и Generic Interface Definition (GID). Operational Database Maintenance System (ODMS) и Power System Simulator for Operations (PSS/O), относящиеся к Siemens PTI, уже интегрированы в PSS®ODMS, делая этот продукт одним из наиболее продвинутых средств для сетевого моделирования и приложений для управления сетью и сетевого планирования (рис. 9.3-8).

PSS®ODMS спроектирован для создания или установки в CIM-окружение, и, в некоторых случаях, для создания или установки на GID-базируемую платформу предприятия. Предлагаются следующие инструменты пользователя для:

- Разбора моделей из нескольких различных источников
- Импорт и экспорт полной модели, частичных моделей и инкрементальных моделей
- Объединение моделей
- Создание будущих программ обучения
- Применение расширенного набора бизнес-правил для увеличения точности результирующей модели
- Хранение информации о том, какая модель открыта, какая структура базы данных отраслевого стандарта могла быть использована текущими и будущими приложениями.
- Конвертирование моделей работы в модели планирования.

Внедренные функциональные возможности PSS®O включают в себя:

- Устройство для обработки топологии
- Оценку состояния
- Потокораспределение мощности в реальном времени
- Анализ последствий аварии
- Систематизация отказов
- Режим реального времени и режим обучения.

MOD®

MOD® (модель по запросу, Model On Demand) значительно расширяет возможности PSS®E, путем разрешения пользователю управлять большим числом переключений регистров для PSS®E. MOD® формирует совокупность изменений моделей в «проекты» (рис. 9.3-9). Затем проектами можно управлять, организовывать их в различные формы, в зависимости от нужд пользователя PSS®E.

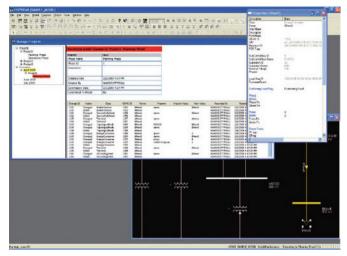


Рис. 9.3-8: PSS®ODMS - пакет управления данными и сетевыми приложениями

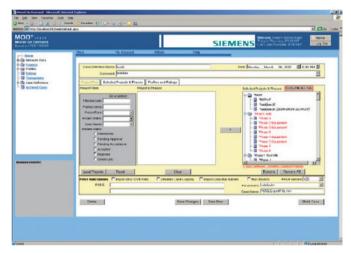


Рис. 9.3-9: Расширение MOD® для PSS®E

Эти пакеты моделирования соединены с сезонными и годовыми профилями MOD® для предоставления пользователю PSS®E порядка организации и реорганизации системных исследований. Все это может быть выполнено без составления большого числа типовых сценариев PSS®E, или цикличных перезапусков сценариев PSS®E, когда изменяется последовательность планирования.

MOD® доставляет PSS®E форматированные модели потокораспределения мощности, которые могут быть обработаны и использованы в полном пакете PSS® Product Suite. MOD® производит коренной переворот в обработке данных проектирования сетей по передаче электроэнергии.

МОD® позволяет инженеру по исследованию системы:

- Организовывать и реорганизовывать исследования без необходимости создавать множество «базовых сценариев» PSS®E
- Хранить отдельно сетевую модель сети
- Согласовывать сезонные и годовые профили файлов
- Использовать проекты как совокупности изменений данных, которые последовательно упорядочены в любой, определяемой пользователем, последовательности.
- Экспортировать PSS®E-файлы с датами ввода в эксплуатацию/ вывода из эксплуатации оборудования, датами работы и простоя оборудования.

9.3 Программные решения

Предоставление неограниченного числа цифровых данных, приложенных в алфавитном порядке к экспортированном файпе

SIGRADE

SIGRADE (Siemens Grading) - программное обеспечение для согласования максимальных токовых защит (МТЗ) в сетях высокого, среднего и низкого напряжения. Оно позволяет выбор путей градуировки и построение характеристик срабатывания предохранителей и реле защиты на логарифмической время-токовой диаграмме. SIGRADE дает подсказки пользователю от начального простого эскиза проекта посредством собранной информации и данных до расчетов токов короткого замыкания, поддерживает пользователя в разработке модели защиты и согласование уставок реле защиты от сверхтоков (рис. 9.3-10).

CTDim

CTDim (расчет трансформаторов тока, Current Transformer Dimensioning) - это программа для расчета трансформаторов тока (TT), динамического моделирования поведения TT и построение характеристик намагничивания (рис. 9.3-11). Отчеты подготавливаются автоматически. Оптимизация трансформаторов тока в соответствии с техническими требованиями и экономическими аспектами становится все более важной. СТDim делает расчет токовых трансформаторов более эффективным. CTDim сокращает расходы на инжиниринг и производство, путем оптимизации данных трансформаторов тока.

CTDim включает в себя следующие свойства:

- Легкий расчет данных TT
- Динамическое моделирование кривых намагничивания
- Ввод данных ТТ в соответствии с МЭК, VDE, BS и ANSI-стандар-
- База данных требований для ТТ, зависящих от устройств защиты
- Автоматическое оформление документации

PSS®MUST

Возможность передавать энергию из одной части передающей сети в другую, является главной коммерческой и технической задачей для обновленного оборудования электростанции. Инженеры определяют пропускную способность линий передачи путем моделирования состояния сети с отключением оборудования в процессе изменения состояния сети. В расчетах остается множество неточностей.

Целью программного обеспечения PSS®MUST (Managing and Utilizing System Transmission) является эффективный расчет:

- Влияния переключений на дальность (область) передачи, интерфейсы, контролируемые элементы или перегрузку линий
- Факторов перераспределения генерации для уменьшения перегрузок оборудования
- Величины зарядной мощности ЛЭП (FCITC)
- Изменений FCITC с учетом изменений сети, переключений и перераспределения генерации.
- Влияния выходов из строя элементов передачи электроэнергии на потокораспределение мощности, путем анализа аварийных ситуаций в сетях постоянного (DC) и переменного (AC) токов.

PSS®MUST дополняет функции PSS®E по управлению данными и анализу с помощью наиболее продвинутого из доступных линейного потокораспределения мощности и пользовательского интерфейса (рис. 9.3-12) Скорость работы программы, легкость использования и универсальный интерфейс Microsoft Excel, в совокупности с возможностью запуска автоматических скриптов, упрощает и уменьшает время настройки данных, и улучшает как отображение результатов, так и их доступность для понимания.

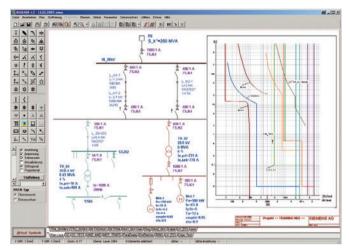


Рис. 9.3-10: SIGRADE для координации защиты от сверхтоков

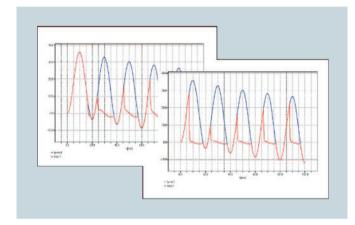


Рис. 9.3-11: СТDіт для расчета трансформаторов тока

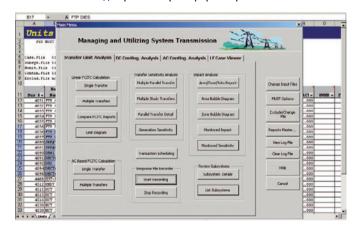


Рис. 9.3-12: PSS®MUST для анализа передаточной пропускной способности





10.1	Сервисы по работе с активами	484
10.1.1	Сетевые услуги	485
10.1.2	Проекты модернизации подстанции	488
10.1.3	Контроль и диагностика	488
10.1.4	Сервис для трансформаторов	489
10.1.5	Сервис для распределительных устройств	489
10.1.6	Сервисные программы	490
10.1.7	Центр сервисной поддержки клиентов по вопросам электроэнергии	491
10.2	Siemens Power Academy TD	492
10.2		492 494
10.3	Siemens Power Academy TD	
10.3 10.3.1	Siemens Power Academy TD Сервисы в области измерений	494
10.3 10.3.1 10.3.2	Siemens Power Academy TD Сервисы в области измерений Обзор ассортимента	494 494
10.3 10.3.1 10.3.2 10.3.3	Siemens Power Academy TD Сервисы в области измерений Обзор ассортимента Сбор данных	494 494 496
10.3 10.3.1 10.3.2 10.3.3 10.3.4	Siemens Power Academy TD Сервисы в области измерений Обзор ассортимента Сбор данных Управление данными	494 494 496 496
10.3 10.3.1 10.3.2 10.3.3 10.3.4 10.3.5	Siemens Power Academy TD Сервисы в области измерений Обзор ассортимента Сбор данных Управление данными Управление доходами	494 494 496 496

10 Сервис и поддержка

10.1 Сервисы по работе с активами

Сервисы по работе с активами предоставляют экспертные решения для систем электроснабжения в зонах передачи и распределения электроэнергии, а также промышленной подачи электроэнергии, поддерживающие инфраструктуру сети на высшем

уровне в плане жизненного цикла, надежности и экологичности. Такие экспертные решения и сервисы включают в себя реконструкцию с целью усовершенствования от компании Siemens.



10.1.1 Сетевые услуги

Решения сетевых услуг от компании Siemens обеспечивают определенность, а также надежность, качество и эффективность работы всей энергосистемы.

Широкий ассортимент решений сетевых услуг включает в себя консультативные услуги, управление активами и широкий спектр пакетов по эксплуатации, управлению и техническому обслуживанию – все это предоставляется профессионалами с большим опытом работы и высокими результатами работы с приложениями в области технологий энергосистем и на рынке энергии. Общая информация: компания Siemens помогает извлечь максимальную пользу при использовании конкретной энергосистемы в плане эффективности, надежности и прибыльности (рис. 10.1-1).

Услуги в области эксплуатации и технического обслуживания (O&M)

Компания Siemens предлагает широкий спектр услуг в области эксплуатации и технического обслуживания, а также "простые пакеты", обеспечивающие надежный уровень функционирования объектов инфраструктуры электропитания.

Компания Siemens сотрудничает с системными операторами для разработки комплектных сервисных решений для каждой конкретной ситуации. Эти решения предназначены для удовлетворения потребностей и ожиданий клиентов в отношении технических, финансовых и регуляторных результатов работы их активов.

Подход компании Siemens к предоставлению сервисов в области эксплуатации и технического обслуживания ежедневно доказывает свою пригодность. Ключом к успеху является объединение мировых и локальных экспертных знаний в области организации



Рис. 10.1-1: Комплексные решения для системных операторов

в сфере управления активами и сетевого анализа для применения в условиях конкретных сетей (т.е., мировые знания используются в местных условиях).

Среди клиентов компании Siemens есть общественные и частные коммунальные предприятия, промышленные организации, частные инвесторы/владельцы акций и строительные компании из многих стран мира.

Ассортимент услуг в области эксплуатации и технического обслуживания компании Siemens включает следующие элементы (рис. 10.1-3):



Рис. 10.1-2: Ассортимент услуг по управлению активами

- Сервисы в области эксплуатации (например, непрерывная (24/7) работа центра управления, учет, автоматизация энергетики)
- Услуги долгосрочного технического обслуживания (например, обслуживание на месте, аварийные работы, управление цепями снабжения)
- Услуги по управлению (например, стратегическое планирование активов, переход и изменение управления)
- Услуги по работе с активами (например, управление жизненным циклом, расширение сети, обновление подстанций).
- Сервисы в области работы с клиентами (например, колл-центры, поддержка клиентов, выставление счетов, сбор доходов)
- Услуги в области поддержки (например, финансовые услуги, услуги в области управления трудовыми ресурсами, логистика, управление качеством).

Обычной практикой является передача управления всей системой электроснабжения или отдельной частью/функцией этой системы компании Siemens на определенный период времени. Решения в плане инвестиций и основных функций отдельных людей могут оставаться за владельцем активов или приниматься компаний Siemens. Операционные риски при этом также переходят к компании Siemens, а основные показатели деятельности (КРІ) и/или программы услуг устанавливаются так, чтобы гарантировать установленные технические и экономические показатели.

Компания Siemens предоставляет услуги в области эксплуатации и технического обслуживания (О&M) для следующих клиентов:

- Сети передачи и распределения (T&D)
- Общестанционное оборудование ветряных электростанций и солнечных энергоустановок.
- Объекты HVDC и FACTS.

Услуги по эксплуатации и техническому обслуживанию (О&M) для ветряных электростанций.

Компания Siemens предоставляет сервисы О&М для ветряных электростанций, расположенных как на берегу, так и в открытом море, связанных в энергосистемы, использующие традиционные технологии AC или HVDC.

Примеры услуг в области эксплуатации и технического обслуживания (О&M) для ветряных электростанций (рис. 10,1-4):

- Общестанционное электрооборудование завода (системы ВН, СН, НН, системы постоянного тока, системы SCADA и телекоммуникационные системы)
- Здания и другая гражданская инфраструктура (например, дороги, дренажные системы и т.д.)
- Вспомогательное оборудование (например, осветительное оборудование, системы передачи данных и т.д.).

Услуги в области эксплуатации и технического обслуживания (O&M) для HVDC и FACTS.

Компания Siemens предоставляет услуги для широкого круга объектов на основе силовой электроники, в том числе, для технологий передачи на большие расстояния (по воздушным линиям электропередачи и по подводным кабелям), компенсационных установок HVDC, а также для статических BAP-Компенсаторов (SVC), тиристорно-управляемых статических компенсаторов (TCSC) и других подобных устройств FACTS.

Примеры специализированных услуг для установок HVDC и FACTS (рис. 10.1-5):

- Техническое обслуживание (профилактическое и внеплановое)
- Экстренная поддержка (экстренный анализ неисправностей и ремонт)
- Общая техническая поддержка (комплексный анализ неисправностей и ремонт)
- Разработка стратегий технического обслуживания
- Дистанционные работы по техническому обслуживанию, такие как контроль, анализ неисправностей, диагностика/ремонт систем управления и защиты
- Управление запасными частями



Рис. 10.1-3: Элементы услуг в области эксплуатации и технического обслуживания (O&M)



Рис. 10.1-4: Работу и обслуживание ветряных электростанций в Италии обеспечивает компания Siemens



Рис. 10.1-5: Работу и обслуживание систем HVDC в Шотландии обеспечивает компания Siemens



Рис. 10.1-6: Основные элементы поддержки по управлению активами

Услуги по управлению активами

Опыт компании Siemens в области управления активами, а также процессы и методологии позволяют системным операторам увеличить прибыльность и эффективность использования активов, в то же время обеспечивая требуемый уровень качества и минимизируя затраты на обеспечение жизненного цикла.

Услуги поддержки управления активами от компании Siemens задействуют ряд передовых методологий и инструментов, в том числе, независимую оценку состояния, управление активами с уклоном на надежность (RCAM) и оценку деятельности в области управления (MBR). Услуги поддержки в области управления активами от компании Siemens (рис. 10.1-6):

- Независимая оценка программ управления активами (АМР)
- Разработка программ управления активами (АМР)
- Помощь в реализации программ управления активами (АМР)
- Контроль реализации программ управления активами (АМР)

Компания Siemens предоставляет рекомендации, абсолютно независимые от определенных продуктов, строительства или продаж оборудования других дочерних компаний. В действительности, наши рекомендации не относятся к каким-либо определенным поставщикам и хорошо принимаются третьими сторонами, как например, кредиторами и финансовыми организациями.

Консультационные услуги

Консультационные услуги компании Siemens позволяют владельцам активов в области электроснабжения и операторам извлечь из своих активов максимальную пользу, предоставляя при этом варианты повышения производительности. При анализе в учет принимаются все материальные аспекты с комплексной точки зрения. Ответы и рекомендации явно предполагают, что каждое решение имеет под собой техническое, экономическое и нормативное основание.



Рис. 10.1-7: Основные элементы консультационных услуг

Результаты наших услуг по экспертизе/консультированию позволяют клиентам компании Siemens:

- Получить сведения о корреляции между техническими решениями и их последствиям в процессе коммерческой деятельности (например, о стоимости сети и качестве предоставления услуг)
- Создать правильный подход для оценки соответствующих аспектов программы системных издержек с объективными и документально зафиксированными решениями
- Увеличить эффективность использования ресурсов при сохранения требуемого качества уровня услуг в долгосрочной перспективе.

На рис. 10.1-7 представлен обзор основных элементов консультационных услуг компании Siemens.

10.1.2 Проекты модернизации подстанции

Поскольку основной приоритет отдается продолжительной эксплуатации подстанций и электроэнергетических систем, все долгосрочное обслуживание, а также модернизация и восстановление системы должны быть тщательно спланированы. Выполнение этих действий предоставляет реальные возможности для сервисных проектов от производителя оборудования. Компания Siemens предлагает разнообразные сервисные решения для продления срока службы оборудования, увеличения размера подстанций или их модернизации. Нашими рекомендациями служит бесчисленное количество успешно реализованных проектов.

10.1.3 Контроль и диагностика

Системы контроля

Состояние ваших активов в значительной степени зависит от вашего принятия решений в отношении сервисов и замены. Что касается состояния, можно осуществить переход на техническое обслуживание по состоянию (СВМ). Существующие отказы можно исправить до образования поломки. Компания Siemens предлагает проведение аудитов на площадках, а также осуществление постоянного контроля состояния в качестве отдельной или интегрированной системы.

Используя систему ISCM® (интегрированный контроль состояния подстанции), компания Siemens обеспечивает онлайн-передачу информации о состоянии активов при помощи набора инновационных инструментов диагностического анализа. Прогнозируя и предотвращая отказы оборудования, система ISCM® защищает имидж компании клиента, а также его инвестиции. Интегрированная система контроля гарантирует минимальное время простоя при максимальной эффективности активов, установление характеристик почти в реальном времени и увеличение срока службы. Система ISCM® - это основной залог обеспечения требуемого уровня работы активов клиента, а вместе с этим и долговременного успеха в области предпринимательской деятельности.

Решение ISCM® компании Siemens, адаптированное к требованиям отдельной подстанции, позволяет осуществлять контроль всех компонентов, имеющих отношение к системе электроснабжения – начиная от трансформаторов (например, интегрированная система контроля условий SITRAM) и распределительных устройств, и заканчивая воздушными линиями и кабелями. Данную систему можно бесшовно интегрировать в инфраструктуру связи и визуализации имеющейся подстанции от простых контроллеров присоединения до высокотехнологичных приложений центра управления. Компания Siemens предлагает одно комплексное решение для всех сетевых активов.

Система (ISCM®) является чрезвычайно надежным решением, в основе которого находятся экспертные знания и передовые технологии. Используя свой уникальный профессионализм и опыт в отношении всей цепи преобразования энергии, компания Siemens идеально позиционируется как поставщик сложной, комплексной концепции контроля, охватывающей все оборудование системы электроснабжения.

SAFE™ – Аудит и оценка

Для выполнения аудитов с использованием решения SAFE сотрудники компании Siemens непосредственно посещают подстанции для осмотра, который включает в себя визуальный осмотр вплоть до расширенной диагностики, предоставляя основу для стратегии целевого технического обслуживания важных активов подстанции, таких как элегазовые распределительные устройства (GIS) высокого напряжения, выключатели высокого напряжения и силовые трансформаторы.

Услуги по прокладыванию линий и кабелей

В принципе, все сервисные предложения компании Siemens, такие как установка и ремонт, также касаются силовых кабелей в среде передачи и распределения электроэнергии. На данный момент внимание компании Siemens сосредоточено на кабельной диагностике с использованием разных методологий диагностики.

В частности, такие методологии, как диагностика высокочастотного частичного разряда (PD), частотный анализ (FRA) считаются сферой деятельности компании Siemens. Для второй методологии Siemens использует технологию анализа резонанса линии (LIRA®), патент на которую сейчас находится на стадии рассмотрения.

Система LIRA® проводит оценку и контроль общего износа кабельной изоляции, вызванного жесткими условиями окружающей среды (высокая температура, влажность, радиация). Она также определяет местные дефекты изоляционного материала, возникшие вследствие механического воздействия или местных неблагоприятных погодных условий. Эти диагностические услуги ценятся за особое применение в системах передачи и распределения электроэнергии, для кабелей, идущих по дну моря, как, например, у ветряных электростанций, находящихся в открытом море, а также в нефтегазовой промышленности и на других электростанциях.

Дистанционная эксплуатационная поддержка (ROS)

Дистанционное предоставление услуг выполняется нашим Центром дистанционной диагностики (кратко – RDC). С одной стороны, дистанционные услуги (удаленные консультации экспертов, поиск и устранение неполадок, исследования причин отказа) помогают клиенту в его ежедневной коммерческой деятельности, а с другой стороны, они выступают в качестве поддержки. Работая в сфере эксплуатации и технического обслуживания, компания Siemens использует онлайн-систему ISCM® (интегрированный контроль состояния подстанции), а также инновационные сервисы для подстанций и систем передачи и распределения.

Вкратце, удаленная эксплуатационная поддержка RDC предлагает следующее:

- ISCM®, в том числе, экспертную диагностику
- Дистанционный контроль
- Дистанционные услуги для контрактов на эксплуатацию и техобслуживание
- Предоставление данных об активах в онлайн-режиме
- Дистанционная диагностика и устранение неисправностей.

RDC позволяет совместить данные по управлению активами с потребностями оператора системы. Благодаря этим элементам концепции эффективного техобслуживания (например, обслуживание по техническому состоянию и минимизация времени реагирования) применяются к предложениям компании Siemens в сфере эксплуатации и технического обслуживания (O&M).

Благодаря такой гибкой конфигурации эксплуатация может проходить около клиента, в то время, как углубленный анализ состояния проводится централизовано. Операторы системы могут передавать данные о состоянии, оставляя при этом данные управления и защиты нераскрытыми. Тесное сотрудничество Центра дистанционной диагностики и Центра сервисной поддержки клиентов по вопросам электроэнергии предлагает клиентам компании Siemens одну центральную точку контакта.

10

10.1.4 Сервис для трансформаторов

В результате обычных процессов старения остаточный ресурс эксплуатации трансформаторов постоянно уменьшается. Скорость старения трансформаторов значительно варьируется от типа конструкции. Она зависит от нескольких моментов, таких как конструкция трансформатора, мощность, обслуживание и история нагружения, климат, условия окружающей среды. Важнейшими факторами, влияющими на скорость старения, являются:

- Рабочие температуры (под нагрузкой, температура окружающей среды)
- Содержание влаги в воздухе и ее повышение (например, продукты распада углеводородов в изоляции)
- Содержание кислорода и пусковые броски (например, через расширитель)
- Механическая и электрическая нагрузка (например, короткие замыкания, гармоники, перегрузка системы).

Поэтому компания Siemens предлагает сервисы для трансформаторов, такие как:

- Оценка состояния и диагностика
- Онлайн-контроль
- Консультирование и заключения специалистов
- Техническое обслуживание и продление срока эксплуатации
- Запасные части, аксессуары
- Ремонт и реконструкция

Для получения дополнительной информации см. разделы «Трансформаторы», «Управление жизненным циклом трансформаторов».

10.1.5 Сервис для распределительных устройств

Расположенные по всему миру и ориентированные на потребности клиентов сервисные центры компании Siemens предлагают полный комплекс услуг для продуктов Siemens, а также продуктов Magrini Galileo, Merlin Gerin, Elin Holec и Reyrolle.

Независимо от расположения (промышленные компании, государственные или частные системы и инфраструктуры для подачи электроэнергии, предприятия в сфере строительных технологий), станции по распределению электроэнергии должны быть доступными на непрерывной основе и обеспечивать высокую степень эксплуатационной безопасности. Распределительные устройства, в частности, должны регулировать постоянно растущую потребность в электроэнергии, однако старение и износ могут оказать значительное влияние на их функциональные характеристики.

Благодаря быстрым и экономичным процессам модернизации распределительные устройства могут быть использованы в будущем, при этом вмешательство в текущие операции будет минимальным. Модернизация без проблем — это доверие к опытному партнеру. Компания Siemens — это опытный парт-нер, на которого можно положиться, когда приходит время модер-низации распределительного устройства среднего напряжения и другого сопутствующего оборудования. Предложение включает:

- Оценку всей необходимой технической информации. Подлежащее модернизации распределительное устройство остается на месте в состоянии эксплуатации.
- Выполнение измерений и разработка наиболее подходящего решения, тестирование и проверка правильности в AutoCAD.
- Перевозка готовых к использованию подвижных станций на завод диспетчера системы, их установка и ввод в эксплуатацию.
- Тщательное тестирование прототипа; серийное производство начинается после успешного прохождения всех испытаний.

Модернизация быстро окупается. Решения, предлагаемые компанией Siemens, обеспечивают множество преимуществ, и, самое главное, высокий уровень готовности системы, который может быть достигнут с помощью нового оборудования. Кроме продления срока службы оборудования и защиты инвестиций заказчика, модернизация также снижает затраты на обслуживание благодаря использованию современной технологии вакуумного выключателя. Кроме того, модернизация с компанией Siemens также означает безопасные и экономически эффективные поставки запасных частей в любую точку мира.

Видимые преимущества модернизации:

- Минимизация времени простоя для большей степени готовности распределительного устройства к эксплуатации и техническому обслуживанию.
- Повышение надежности энергоснабжения
- Снижение затрат на техническое обслуживание и устранение неисправностей
- Отсутствие дополнительных затрат для модификаций установки и строительных модификаций
- Поставка запасных частей для ключевых расходных компонентов через надежную глобальную систему.

Профилактическое обслуживание и ремонт

Оборудование и системы с длительным сроком службы и непрерывной безотказной работой обеспечивают наилучшие условия для эффективного использования системы оператора. Техническое обслуживание Siemens гарантирует безопасную и надежную работу всех компонентов и включает в себя основные осмотры и ремонт для приведения оборудования в исходное состояние. Посредством проведениях регулярных проверок и ревизий компания Siemens на постоянной основе обеспечивает качественную работу оборудования пользовательской сети, например, распределительных устройств, трансформаторов и вспомогательного оборудования подстанций.









Рис. 10.1-8: Примеры для модернизации

Изменение, улучшение технических характеристик и расширения для модернизации распределительных устройств

Естественно, системный оператор не может обновлять оборудование в таком же быстром темпе, в котором происходят изменения в технологиях. Тем не менее, модификация, модернизация и средства расширения Siemens предлагают много возможностей для оптимизации, таким образом системный оператор может извлечь выгоду из последних технических усовершенствований. С помощью этих экономически эффективных решений системный оператор сможет грамотно инвестировать капитал и использовать предлагаемый компанией Siemens опыт для адаптации старых систем к новым техническим стандартам, результатом чего является снижение затрат на протяжении всего срока эксплуатации.

Устранение необходимости проведения аварийных ремонтов и обеспечение бесперебойного функционирования — это основные задачи технического обслуживания, предлагаемого компанией Siemens. Если неполадка все-таки обнаруживается, специалисты компании Siemens прибудут на участок, чтобы устранить ее в кратчайшие сроки. Операторы могут связаться с компанией Siemens через дежурную службу по телефону в любой момент времени, 24 часа в сутки, 7 дней в неделю.

Запасные части, комплектующие и комплекты деталей

Разумеется, что обязательным условием для успешного и быстрого устранения неисправностей является наличие необходимых запасных частей. Компания Siemens поставляет запасные части, комплектующие и комплекты деталей для всех серий оборудования, начиная от текущего производства до серий, снятых с эксплуатации.

Установка, ввод в эксплуатацию и другие виды обслуживания на месте

Компания Siemens может обеспечить обслуживание всего оборудования присоединённой сети (например, кабельные соединения и воздушные линии) и управлять всеми процессами (вывод из эксплуатации и утилизация). Конечно, установка и ввод в эксплуатацию являются частью стандартного портфеля услуг.

Производитель оригинального оборудования	Тип
Siemens	8BD
ABB – Calor Emag	QD3M
ABB – Sace	Uniarc
	Univer4
ABB	Safesix
Magrini	Epoclad
	Composit
	Distrivan
	Multiclad
	Venus
Reyrolle	LMT
	C-Gear
	SMS
	SA 14
	SA 36
Ansaldo	Siclad
Schneider	Fluair
	Belldonne
Sprecher & Schuh	HPTW

Таблица 10.1-1: Объекты для модернизации

10.1.6 Сервисные программы

Сервисные программы выступают в качестве зонта, который охватывает полный пакет услуг компании Siemens. Они являются одним из способов, которой помогает системным операторам убедиться в получении ими наилучшего сервиса. Сюда также может быть включена гарантия наличия персонала и запасных частей, а также короткое время отклика.

Определяя, какое индивидуальное техническое обслуживание и обслуживание при чрезвычайных ситуациях должно быть предоставлено, эти соглашения минимизируют эксплуатационный риск клиента до рассчитываемого фактора. В программу обслуживания могут быть включены дистанционное обслуживание и даже эксплуатация и техническое обслуживание на основе ключевых показателей эффективности.

При имеющихся программах обслуживания может быть достигнуто точное соответствие требованиям системного оператора по нескольким областям: от единичного оборудования до целых сетей, от профилактического технического обслуживания до дистанционного обслуживания, а также от краткосрочных контрактов и до долгосрочных соглашений.

Как показано на рис. 10.1-1 компания Siemens подготовила четыре программы обслуживания, которые могут быть адаптированы по своим масштабам и объему точно под требования системного оператора.

PMI

Основное внимание уделяется плановому техническому обслуживанию оборудования ОЕМ и проведению проверок для расчета коэффициента эксплуатационной готовности.

ROS

Эта программа включает в себя все предложения по дистанционным услугам. Основное внимание уделяется подаче сигнала о поломке и времени реакции консультативной службы и службы эксплуатационного обслуживания на месте.

LTM

Это относится к услугам внешнего управления проектного типа с необходимостью набора команды обслуживания.

0&M

На данном наивысшем уровне обслуживания компания Siemens принимает на себя эксплуатационную ответственность. Весь эксплуатационный риск берет на себя поставщик услуг.

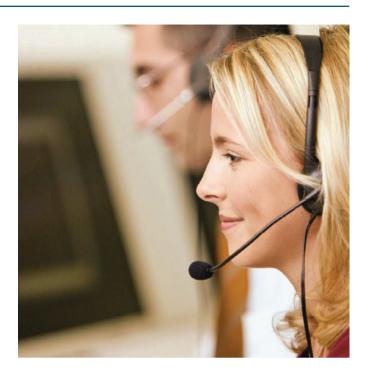
10.1.7 Центр сервисной поддержки клиентов по вопросам электроэнергии

"Доброе утро, Центр сервисной поддержки клиентов по вопросам электроэнергии, говорит Бетти Смит. Как я могу вам помочь? — ¡Виепоѕ días! Le atiende Pedro García. ¿En qué le puedo ayudar?" Вот что слышат клиенты, когда посещают расположенный в Нюрнберге Центр сервисной поддержки клиентов. Сотрудники техподдержки отвечают на запросы на разных языках 24 часа в сутки, 7 дней в неделю. Центр сервисной поддержки клиентов по вопросам электроэнергии — это центральный канал связи для всех запросов, касающихся энергетического сектора. Эта услуга энергетического сектора предоставляется уже больше 10 лет. Ее цель - отвечать на вопросы и направлять людей в правильном направлении, чтобы они получили лучшее в своём классе удовлетворение.

"Единственный способ, которым мы можем убедить наших пользователей использовать этот канал связи — это эффективность и качество. Проверьте и убедитесь сами!" — отмечает Майкл Фрайтаг (Michael Freitag), директор центров поддержи потребителей в сфере энергетики.

Центр Центр сервисной поддержки клиентов по вопросам электроэнергии гарантирует круглосуточную доступность всего сектора энергетики. Все запросы пользователей принимаются в соответствии с определёнными процессами, введенными в инструмент обеспечения поддержки пользователей (CSM), и передаются ответственному лицу. Обработка запросов выполняется в рабочие часы, преобладающие в конкретном регионе.

Это обеспечивает быструю обработку всех запросов клиентов, удовлетворяющие их требования. Периодически проводимые исследования уровня удовлетворенности клиентов дают им возможность высказать свои пожелания и активно участвовать в самом процессе.



Центр сервисной поддержки клиентов по вопросам электроэнергии работает круглосуточно:

Телефон: +49 180 524 7000 Факс: +49 180 524 2471

Электронная почта: support.energy@siemens.com. Интернет: www.siemens.com/energy-support/en

10.2 Siemens Power Academy TD

Центр Siemens Power Academy специализируется на проведении для клиентов и сотрудников компании Siemens обучающих программ в области энергоснабжения. Обучающие программы варьируются от производства электроэнергии и до ее передачи и распределения. Будучи частью Siemens Power Academy, центр Siemens Power Academy TD предлагает профессиональное обучение в области передачи и распределения электроэнергии, вплоть до промышленного и коммерческого потребления, включая интеллектуальные сети.

Тренинги от экспертов

Клиенты получат возможность обучаться у подготовленных и сертифицированных инструкторов. В ходе такого обучения будет реализован хорошо смоделированный учебно-методический подход и будут применяться ориентированные на продукт упражнения с использованием последних технологий Siemens.

Чем больше предметов - тем больше возможностей для развития. Кроме подготовительных курсов, семинаров и сертификаций для технических сотрудников, программа Siemens Power Academy TD также включает в себя курсы для сотрудников, которые не работают с техническими средствами, но деятельность которых имеет отношение к области передачи и распределения электроэнергии. Одним из наших основных направлений является обучающая программа для повышения квалификации. Кроме индивидуальных курсов в центре Siemens Power Academy TD также предложено несколько обучающих курсов, состоящих из логично выстроенной серии занятий для эффективного и систематиче-

ского накопления знаний. Обзор пакета обучающих программ представлен в таблице 10.2-1. Для получения дополнительной информации о стандартном пакете обучающих программ посетите веб-сайт www.siemens.com/poweracademy. Индивидуальный процесс обучения разрабатывается и определяется согласно требованиям клиента в тесном сотрудничестве с ним.

Наша ключевая задача: правильное сочетание теории и практики. В обучающих программах Siemens Power Academy TD теория и практика должны идти рука об руку. Это означает, что теоретические подходы всегда сопровождаются практическими упражнениями на реальных устройствах и системах. Для реализации такого подхода учебные центры используют оригинальные детали, приборы и системы из ассортимента продуктов для передачи и распределения. Такой принцип практического обучения гарантирует максимальный обучающий эффект.

Наша сильная сторона: гибкость

- Ориентированное на продукт обучение:
 Новейшие продукты и решения от компании Siemens
- Комплексный учебный материал:
 Использование профессиональных методов презентации,
 конспектов лекций, слайдов и документов, касающихся данного курса

Пакет обучающих программ по передаче и распределению электроэнергии и интеллектуальным сетям Автоматизация подстанций Силовое оборудование Технология защиты (технологии управления) Сети высокого и среднего напряжения Технология защиты – принципы Технология коммутации и распределительные Диспетчерский пункт энергосистемы, дистанциустройства с газовой и воздушной изоляцией Дистанционная защита онное управление, управление подстанцией Выключатели, разъединители Ограничители перенапряжений Дифференциальная защита трансформатора Мониторинг Дифференциальная защита линии Автоматизация энергетики Силовые трансформаторы Защита шин Качество электроэнергии Переключатели ответвлений под нагрузкой и без Защита генератора / двигателя Счётчики электроэнергии нагрузки (РПН и ПБВ) M3K61850 Обмен данными Инновационные концепции касательно переда-Вторичная проверка чи и распределения электроэнергии Программное обеспечение Общие темы Интеллектуальные сети Ветроэнергетика, связь и совместимость межлу PSS®SINCAL ветряными электростанциями и сетями Основные принципы энергетики PSS®NETOMAC Технология интеллектуальных сетей электро-Контроль солнечных установок Система постоянного тока высокого напряжения PSS®E передач (краткий обзор) (HVDC) и системы FACTS Курсы по применению другого программного Передающие и распределительные сети Основы нефтегазовой промышленности Электрические транспортные средства обеспечения Интеллектуальное измерение

Рис. 10.2-1: Siemens Power Academy TD: Пакет обучающих программ по передаче и распределению электроэнергии

- Тесты и сертификация:
- Сертификаты за продемонстрированный опыт
- Предметно-специализированные обучающие курсы Концепция интегрированного непрерывного образования
- Совмещение обучения технологиям и видению предпринимательской деятельности:
 - Междисциплинарные курсы предлагают оптимальную подготовку для выполнения операций, ежедневно возникающих в предпринимательской деятельности
- Персональное обучение:
 Определение технической компетенции и принятие решения о необходимом виде обучения.

Учебный план – программа развития компетенции, предлагаемая центром Siemens Power Academy TD

Хорошо обученные сотрудники - это залог успешности компаний. Все более стремительно изменяющаяся экономическая среда и технологии ставят новые задачи. В связи с этими изменениями очень важно непрерывно совершенствовать свои навыки и знания, если вы хотите быть надежным ресурсом, который вносит свой вклад в успех компании.

По этой причине центром Siemens Power Academy TD была разработана программа развития компетенции. В основе этой программы лежат обучающие методы.

В отличие от индивидуальных учебных семинаров, учебный план предоставляет пошаговое обучение через структурированную, логическую комбинацию различных тренингов по конкретной теме. Это позволяет развить нужные навыки и способности.



Рис. 10.2-2: Квалификационные уровни программы развития компетенции

Из чего состоит "Учебный план"?

- Обучающая программа для развития компетенции
- Возможность подать заявку и быть сертифицированным на трех различных уровнях квалификации

Младший специалист – Продвинутый уровень – Эксперт

- Каждый уровень квалификации: Серия объединенных курсов и связанных с ними электронных тестов
- Сертификат действителен в течение 5 лет

Выгода для работодателей

Работодатели выполняют требования ISO 9001, так как работники получают специальные знания и навыки посредством сертификации.

Выгода для участников

Участники могут получить подтверждающий их навыки и знания сертификат и, таким образом, повысить свою профессиональную ценность на рынке труда в их родной стране и за рубежом.

- Повышение компетенции сотрудников (участник получает сертификат, подтверждающий полученные знания)
- Большая уверенность и меньшее количество ошибок при выполнении ежедневных операций, что достигается посредством практики и упражнений, способствуют большей безопасности и надежности операций
- Повышение собственной стоимости на рынке труда
- Соответствуйте современным техническим требованиям

Таблица 10.2-1: Siemens Power Academy TD: Преимущества программы учебного плана

могут быть нацелены на сертифицированных кандидатов, чтобы быть уверенными в реальных возможностях будущих сотрудников.

10.3 Сервисы в области измерений

Ассортимент услуг в области измерений компании Siemens обеспечивает существенные улучшения для сбора и обработки данных счетчиков, а также для управления процессами измерения и общения с клиентами. Компания Siemens поставляет интегрированные решения непосредственно через цепочки создания стоимости, от сбора показаний приборов до выставления счетов. Высокое качество, точные данные счетчика и услуги, которые обеспечивают все это, явлются ключевым предложением. Будучи ведущим поставщиком услуг в области выполнения измерений, компания Siemens сотрудничает с некоторыми крупнейшими в мире коммунальными предприятиями, которые занимаются поставками электроэнергии, газа и воды. Все услуги Siemens предоставляются в рамках строгих промышленных стандартов и регулятивных норм.

В следующих разделах представлен обзор требований клиентов и различные элементы ассортимента услуг компании Siemens.

10.3.1 Обзор ассортимента

Услуги, предлагаемые компанией Siemens, включают в себя услуги «через счетчик к оплате» для энергоснабжающих компаний, а также для корпоративных клиентов (B2B).

Роль измерительных операций для коммунальных предприятий и клиентов B2B сильно связана с установкой счетчика и изменениями его функциональности, устранением неисправностей, изъятием счетчика, а также подключением нового оборудования. Компания Siemens устанавливает счетчики, использующие кредитный принцип расчета, а также счётчики с предварительной оплатой. Поставка, установка и эксплуатация коммерческих счетчиков должна осуществляться только теми поставщиками услуг, которые получили полную аккредитацию, например, компанией Siemens.

До покупки счетчика сотрудники Siemens проводят обследование площадок для определения лучшей конструкции, размеров и расположения счетчиков. Компания Siemens настраивает системы измерения, вводит их в эксплуатацию (рис. 10.3-2), а также обеспечивает текущее обслуживание, включая калибровку, хранение, изъятие и ремонт оборудования по мере необходимости.



Рис. 10.3-1: Обзор ассортимента услуг в области выполнения измерений

Компания Siemens предлагает помощь эксперта для высокоточного учета, сетевого учета и учета электропотребления на нижестоящих ступенях распределения для контроля уровней потребления оборудования.

Типичными пользователями измерительных услуг компании Siemens являются крупные поставщики электроэнергии и воды, а также миллионы бытовых, коммерческих и промышленных потребителей – все, кто потенциально заинтересован в том, чтобы их измерительное оборудование собирало точные и соответствующие современным требованиям данные. Измерительные услуги компании Siemens поддерживают процесс сбора данных. Все эти сервисы в совокупности помогают обеспечить высокий уровень качества данных.

Техническое обслуживание цифровых счетчиков и снабжение Компания Siemens обеспечивает энерго- и газораспределительные компании измерительным оборудованием, а также предоставляет им текущее техническое обслуживание, что является дополнительной услугой, которой часто пользуются клиенты, выполняющие измерительные операции. Компания Siemens также имеет опыт финансирования и аренды цифровых счетчиков, и имеет доступ к экспертным знаниям по приобретению цифровых счетчиков.

Предварительная оплата

Некоторые отечественные клиенты предпочитают платить за свою энергию прежде, чем они её используют, применяя подход распределенной системы оплаты. Это можно сделать с помощью специального счетчика предоплаты, который использует карты пополнения или ключевой механизм.

Великобритания обладает крупнейшей системой учета в мире с более чем 2 миллионами пунктов учета.

Компания Siemens отвечает за обслуживание системы, а также за установку новых счетчиков предоплаты и распространение карт пополнения для клиентов. Новейшие технологии и знание процесса сочетаются в этом счетчике предоплаты, что гарантирует удовлетворенность клиента (рис. 10.3-3).

Сетевой учет

Компания Siemens является ведущим поставщиком услуг сетевого учета и решений в области высокоточных измерений в цепочке создания стоимости электроэнергии. Siemens предлагает услуги компаниям по выработке и передаче электроэнергии по всему миру, что позволяет им получить наиболее точное представление об электричестве, которое они производят и передают через сеть. Данный продукт и услуги полностью подходят элементу операций по учету в цепочке создания стоимости, а также позволяют клиентам, производящим и распределяющим электроэнергию, управлять постоянным потоком доходов и поддерживать его.

Учёт потребления на нижестоящих ступенях распределения

Компания Siemens предоставляет услуги по учету для некоммерческих целей, включая приложения по учету электропотребления на нижестоящих ступенях распределения. Они могут быть установлены и интегрированы в системы управления энергией для индивидуальных или универсальных (газ, вода, электричество) приложений. Компания Siemens обеспечивает точные данные о потреблении на месте использования и предоставляет возможность просмотра с помощью веб-решений. Siemens предлагает индивидуальные решения и позволяет системному оператору контролировать и наблюдать за потреблением энергии в разных участках хозяйственной деятельности. Крупные предприятия и промышленные потребители пользуются этой услугой, которая может быть связана с их счетами или финансовой системой.



Рис. 10.3-2: Установка счетчика



Рис. 10.3-3: Счетчик предоплаты Q-Smart установлен

10.3.2 Сбор данных

Услуги по сбору данных совмещают снятие показаний счётчика (получение данных), обработку данных и услуги по структурированию данных. Средства сбора данных компании Siemens выполняют обычное считывание, считывание по специальному запросу, изменение права на считывание, а также перепрограммирование счетчиков.

Система обработки данных была разработана в соответствии со строгими отраслевыми стандартами и полностью поддерживает весь процесс планирования работы, утверждения и распределения счетчиков количеством до 12 миллионов. Для удовлетворения особых потребностей и требований, по запросу могут быть выполнены специальные проекты, такие как предоставление решений для мест с "трудной считываемостью". Внешний штат компании Siemens состоит из 750 сотрудников. От имени поставщиков электроэнергии и воды компания Siemens считывает более 14 миллионов точек установки бытовых счетчиков в Великобритании. Для обеспечения большей гибкости и приспосабливаемости системы постоянно совершенствуется, что позволяет компании Siemens отвечать постоянно меняющимся требованиям рынка. Автоматизированные системы дистанционного сбора используют ряд технологий (например, полевые мобильные терминалы данных), обеспечивая доступные решения для сбора

10.3.3 Управление данными

В части цепочки создания стоимости, которая называется «через счетчик к оплате», Siemens гарантирует точность полученных данных. Это означает, что компания Siemens структурирует и обрабатывает данные, удаляет дубликаты в базе данных, а также проверяет данные перед передачей их системному оператору. В большинстве случаев системный оператор использует эти данные непосредственно для составления счетов.

Для коммерческих и промышленных потребителей компания Siemens предоставляет полный спектр решений для учета и контроля энергоресурсов — от электрических счетчиков до счетчиков газа и воды. Крупные национальные торговые сети особенно заинтересованы в этой услуге, потому что таким образом они могут в своих магазинах контролировать энергопотребление и управлять им . ИТ-склад позволяет компании Siemens собирать самые разнообразные данные, в свою очередь Siemens может предоставлять нестандартные решения, основанные на частной ИТ-системе оператора. Компания Siemens также предлагает специально разработанные системы отчетности и работает с различными коммуникационными интерфейсами для передачи данных системному оператору.

10.3.4 Управление доходами

В этой части цепочки создания стоимости, которая называется «через счетчик к оплате», компания Siemens гарантирует, что системный оператор действительно получит содержательные данные. Например, защита доходов влияет на всю цепочку создания стоимости — от производства электроэнергии до её передачи и распределения вплоть до розничной торговли электроэнергией.

Ключевыми особенностями услуги Siemens по защите доходов являются расследования хищений электрической энергии, выборочное и стратегическое планирование, а также помощь в увеличении количества выявленных потерь, при этом особое внимание уделяется большому количеству случаев небытового использования электроэнергии. Компания Siemens группирует эти особенности в решение по нетехническим потерям и предлагает экспертизу по убыткам и проведения обучения для агентов по сбору данных.

Управление собственностью является частью портфеля услуг по защите доходов. Компания Siemens является членом Ассоциации по защите дохода в Великобритании и может предоставлять данные услуги на международном уровне.

10.3.5 Система интеллектуального учета

Система интеллектуального учета — это комбинация автоматического считывания счетчика с возможностью контролировать и обновлять точки учета. Двусторонняя связь между счетчиком и «сердцем» центра связи позволяет собирать данные по требованию, и в то же время совершать критически важные действия без необходимости посещения собственности.

Ожидается, что система интеллектуального учета позволит:

- Потребителям стать более осведомленными о потреблении электроэнергии и принять участие в инициативах по энерго-сбережению
- Компаниям, которые занимаются сбытом электроэнергии, более точно выставлять счета с небольшим количеством предполагаемого считывания (при наличии), и даже прогнозировать и регулировать свою электроэнергию на основе фактического, а не синтезированного профиля электроэнергии.

В качестве глобального центра компетенции Siemens для услуг по учету компания Siemens имеет ассортимент услуг по системе интеллектуального учета, который является «независимым от счетчика» и позволяет использовать различные устройства для учета электроэнергии, газа и воды.

Компания Siemens также имеет возможность поддерживать несколько различных коммуникационных технологий: GPRS, высокочастотная связь по ЛЭП (сигнальные провода для низковольтных кабелей) и стационарные технологии радиосвязи, в зависимости от требования заказчика или рынка.

Сутью предложения является "схема" системы интеллектуального учета. Это решение технологического процесса, объединяющее ИТ-технологии, выполнение бизнес-процессов и управление внешним штатом.

Схема системы интеллектуального учета объединяет обработку данных и систему управления устройством с бизнес-процессами для оптимизации работы счетчика интеллектуального учета, а также для получения навыков с целью перехода от "глупого" счетчика к установленной базе систем интеллектуального учета.

Система интеллектуального учета является важной мировой тенденцией, и наши региональные возможности и сеть продаж в сочетании со специализированными ресурсами делают компанию Siemens идеальным поставщиком систем интеллектуального учета и интеллектуальных сетевых решений.

10

10.3.6 Решение по управлению содержимым счетчика

Необходимость в решении по управлению содержимым счетчика значительно повысилась в течение последних 12 месяцев, особенно на энергетическом рынке США.

Что из себя представляет решение по управлению содержимым счетчика?

Управление содержимым счетчика – это:

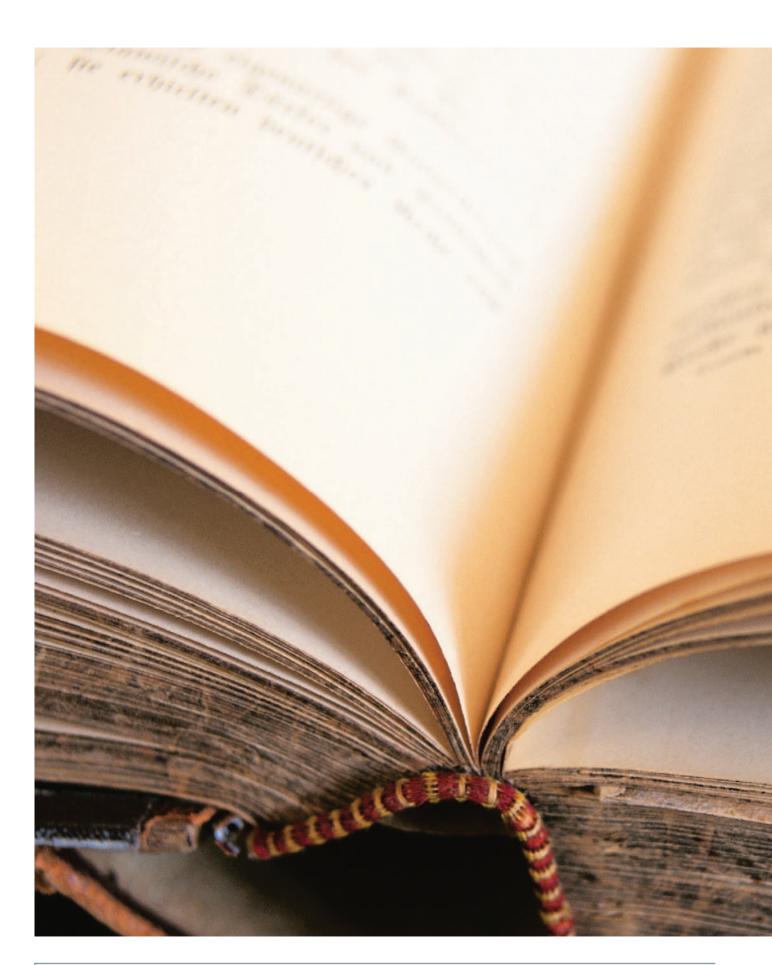
- Платформа, позволяющая совершать кардинальные изменения в компании-операторе, используя информацию практически в режиме реального времени
- Точка интеграции для нынешней и будущей технологий Автоматизированной инфраструктуры учета
- Информационный инструментарий, необходимый для расширения операционных возможностей Автоматизированной инфраструктуры учета
- Первый шаг по направлению к системе интеллектуального учета

Управление содержимым счетчика – это НЕ:

- Всего лишь хранилище данных для даты содержимого счетчика
- Только для коммерческих и промышленных счетчиков и сложных систем фактурирования
- Ограничено данными учета энергоресурсов

Решение по системам интеллектуального учета имеет три отличительные черты: счетчик, сеть передачи данных и концентратор информации. Системы управления содержимым счетчика обеспечивают необходимую связь между сетями передачи данных по учету и другими вспомогательными ИТ-системами, например, выставлением счетов, телефонным центром и распределительной автоматикой. В марте 2008 года компания Siemens заключила партнерское соглашение с компанией eMeter по продаже и продвижению по всему миру программного обеспечения для управления содержимым счетчика EnergyIP ™.

Компания Siemens стремится установить лидирующую позицию на рынке путем объединения систем управления содержимым счетчика с другими элементами ассортимента услуг по учету.





Глоссарий

		0.5	5 (0.5)
C CAPEX	Капитальные затраты предприятия по основным средствам, например, средства для	OLE	Связывание и внедрение объектов (OLE) является технологией, которая позволяет вне- дрять и связывать документі и другие объекты, разработанные Microsoft.
_	производства, здания и т.д> производственные затраты (OPEX).	OPEX	Текущая стоимость запуска продукта, бизнеса или системы.
D DCF77	Длинноволновой сигнал времени и радиостанция стандартной частоты. Передаваемые данные повторяют каждую минуту текущую дату и время, предупреждающий бит корректировочной секунды, бит летнего времени, бит идентификации основного/запасного	OSCOP® P	Компьютерная программа для получения и обработки записей, сделанных с помощью цифрового регистратора SIMEAS R и цифрового регистратора качества, регистратора качества электроэнергии SIMEAS Q или цифровых реле защиты с помощью протокола МЭК 60870-5-103.
	передатчика и несколько битов четности. Позывной DCF77 ознает D=Deutschland (Германия), С=длинноволновой сигнал, F=Frankfurt (Франфурт), 77=частота:	OSI	Многоуровневое, абстрактное описание для модели протокола сетей связи и компьютерных сетей.
	77,5 кГц.	P	
E ECR Нулевое боросиликатное стекло без добавления фторидов. Оно соответствует спецификации AST8-1999 для Е-стекла. Оно сочетает в себе электрические и механические свойства Е-стекла с превосходной внутренней устойчивостью к коррозии. Стекловолокно		PABX	Телефонный коммутатор, предназначенный для конкретной деятельности или учреждения, отличающийся от общественных линий связи или телефонных компаний, которые работают для обеспечения большого количества видов деятельности, а также для широкой общественности.
	ECR— это электротехническое стекловолокно, устойчивое к коррозии.	PDH	Международный стандарт мультиплексирования.
G GPRS	Пакетно-ориентированная служба мобильных	PEN (проводник)	Комбинированный -> провод заземления (PE) и -> нейтральный проводник (N).
GSM	данных, доступная пользователям -> GSM. Всемирный стандарт для мобильных телефонов.	Python (пайтон)	Динамический объектно-ориентированный язык программирования.
н		S	
HTTP/HTTPS	Протокол передачи гипертекстовых файлов/ протокол защищённой передачи гипертексто-	S-отключение	Защита от токов короткого замыкания с кратковременной выдержкой времени.
	вой информации является коммуникацион- ным протоколом для передачи информации в сетях интранет и всемирной сети Интернет; протокол защищённой передачи гипертексто-	SDH	Мультиплексированный протокол для передачи многобитовых потоков посредством аналогичного оптического волокна.
вой информации (HTTPS) широко используется для чувствительной к безопасности связи.		SFC	Графический язык программирования, ис- пользуемый для ПЛК. Это один из пяти языког программирования, определенных стандарто МЭК 61131-3. Стандарт SFC определен в МЭК
Konnex (KNX)	Стандартизированная система шин для дома и строительства в соответствии с EN 50090 и ISO/MЭК 14543, включающая в себя функции включения, сигнализации, управления, контроля и индикации в электрической		848 "Подготовка функциональных схем для систем управления".
		SNCP	Механизм защиты, используемый в -> SDH (синхронная цифровая иерархия)
L	установке.	управления сетью д	Протокол SNMP используется в системах управления сетью для мониторинга подклю- ченных к сети устройств в условиях, которые
L-отключение	Защита от перегрузки		требуют контроля со стороны администратора.
LCAS	Схема регулирования пропускной способности канала (LCAS) — метод динамического увеличения или уменьшения пропускной способности виртуальных сцепленных контейнеров для эффективной передачи асинхронных потоков данных на -> SDH (синхронная цифровая иерархия).		Он состоит из набора стандартов для управления сетью, включая протокол прикладного уровня, схему базы данных и набор объектов данных.
		SOAP	Протокол для обмена -> сообщениями на основе XML через компьютерные сети, обычиспользуя HTTP/HTTPS. Раньше SOAP было акронимом Simple Object Access Protocol (просто
N			протокол доступа к объектам), от которого
N-отключение	Защита нейтрального проводника.	CONFE	отказались с выходом версии 1.2.
O OASIS	Система для сохранения пропускной способ-	SONET	Мультиплексированный протокол для передачи многобитовых потоков посредством аналогичного оптического волокна.
ODBC	ности в сетях передачи электроэнергии в США. Стандартный метод доступа к базам данных с использованием систем управления базами данных	SQL	Язык компьютеров для работы с базами данных, предназначенный для поиска и управления данными в системах управления реляционными базами данных.

STM	Синхронный транспортный модуль (STM),	Блоки распределенных	Источники генерирования электрической		
	основной модуль в структуре -> SDH (синхронная цифровая иерархия)	источников генериро- вания электроэнергии	энергии, такие как фотовольтовые панели, ветряные турбины или установки комбиниро- ванного цикла, подключены к распределитель-		
Т			ной сети низкого или среднего напряжения.		
TN-S, TN-C, TN-C-S	Системы питания; в системе TN-S нейтральный проводник и защитная функция заземляюще-	В	В		
	го проводника отделяются по всей системе; в системе TN-С нейтральный проводник и защитная функция заземляющего проводника	Варистор на основе окиси металла (MOV)	Дискретный электронный компонент, который обычно используется для отвода избыточного тока на землю и/или нейтральные линии.		
	совмещены в рамках всей системы; система TN-CS представляет собой комбинацию систем TN-C и TN-S. В одной части системы нейтральный проводник и защитная функция заземляющего проводника совмещены, а в другой части - отделены.	Ввод Виртуальная электро-	Устройство, которое позволяет одному или нескольким проводникам пройти через перегородку, например, стену или резервуар, при этом изолируя от нее проводники. Кластер установок распределённых источни-		
TTA	Прошедший типовые испытания блок распределительной аппаратуры низкого напряжения.	станция (VPP)	ков генерирования электрической энергии, которые коллективно управляются централь- ной единицей управления. Согласованный		
U			режим работы влечет дополнительные пре-		
UMTS	Универсальная система мобильной связи; стандарт сотовых телефонов третьего поколе- ния, который обладает существенно большей		имущества в плане доставки максимальной электрической нагрузки или регулирования мощности в короткие сроки.		
USB	скоростью передачи данных, чем GSM. Серийная стандартная шина для подключения устройств.	Воздушный выклю- чатель	Выключатель, в котором контакты размыкаются и замыкаются в воздухе при атмосферном давлении.		
W	J F - J 101.01	Выключатель	Механическое переключающее устройство,		
WDM	Спектральное уплотнение каналов; технология, которая объединяет мультиплексором несколько сигналов оптоволоконной линии связи на одном оптическом волокне с использованием различной длины волн (цветов)		способное замыкать, проводить и отключать токи при нормальных условиях цепи, замыкать и отключать токи в течение определенного времени, а также отключать их при определенных аномальных условиях цепи, таких как короткое замыкание.		
WiBro	лазерного излучения для передачи различных сигналов. Название южнокорейской услуги международного стандарта IEEE 802.16e (мобильный WiMAX)	Выключатель нагрузки с силовыми предохранителями (SDF)	Выключатель нагрузки представляет собой -> выключатель-разъединитель с последовательно подключенными к нему контактами		
William			силового предохранителя для вставки плавких вставок.		
WiMAX	Беспроводная телекоммуникационная широкополосная технология, основанная на стандарте IEEE 802.16.	Выключатель с дугогасящей камерой Выключатель с зазем-	Выключатель, способный отключать токи при нормальных и анормальных условиях сети. Выключатель, смонтированный в заземлен-		
A		лённым корпусом	ном металлическом баке.		
Автоматический выключатель (автомат) (MCB)	Автоматически управляемое низковольтное коммутационное устройство, предназначенное для защиты электрической цепи от перегрузки или короткого замыкания. Также используется для ручного подключения или отключения электрической цепи (по желанию). Сила номинального тока не должна быть	Выключатель-разъеди- нитель	Переключатель, который в разомкнутом положении отвечает изоляционным требованиям, указанным для разъединителя.		
		Высоковольтная линия	Устройство для передачи электроэнергии, по которому может также осуществляться передача ВЧ-сигнала.		
Автоматический выключатель в литом	более 125 A. Автоматический выключатель с опорным корпусом из литого изоляционного материала,	Высокое напряжение	В целом комплект уровней напряжения превосходит низкое напряжение (<1 кВ). В более узком смысле высокое напряжение (ВН) применяется для уровней напряжения высоко-		
корпусе (МССВ) Автоматическое	формирующим составную частью выключателя. Последовательность операций механического		вольтных линий, которые могут использовать- ся для передачи данных с большим объемом электроэнергии (> 60 кВ).		
повторное включе-	переключающего устройства, при помо-	г			
ние (механического переключающего устройства) (АПВ)	щи которого после размыкания контактов устройства они замыкаются автоматически по истечении заданного времени.	Гармоники	Синусоидальные (гармонические) колебания во время анализа Фурье несинусоидальных,		
Б			периодических колебаний, колеблющихся с частотой, которая является целым кратным		
Биполярный транзи- стор с изолированным затвором (IGBT)	Силовой полупроводниковый прибор с тремя клеммами, отличающийся высокой эффективностью и быстрым переключением.		базисной (= системной) частоты. Амплитуды гармоник значительно меньше, чем базисная частота.		
Блок кольцевой маги- страли (RMU)	РУ в системах распределения, состоящее из коммутационных устройств для переключения кольцевых кабельных линий и переключателей вместе с предохранителями или силовых выключателей для защиты распределительных трансформаторов.	Гибкая система передачи электроэнергии переменным током (FACTS)	Система на базе силовой электроники, статическое оборудование, обеспечивающее контроль одного или более параметров пере- дачи переменного тока системы для повыше- ния управляемости и увеличения допустимой мощности передачи.		

п		M.,	Dean-income and income and income
Д		Интеллектуальная сеть	Развивающаяся сеть интеллектуального распределения энергии с использованием
Делитель напряжения	Устройство, содержащее резисторы, катушки индуктивности, конденсаторы, трансформатор (-ы) или комбинации этих компонентов таким образом, что между двумя точками устройства может быть достигнут желаемый процент от напряжения, подаваемого на устройство в целом.		связи, усовершенствованных датчиков и распределенных вычислительных систем для повышения эффективности, надежности и её использования. Она включает в себя возможность управления электропотреблением со стороны потребителя, содействует подклю-
Демилитаризованная зона (DMZ)	Подсеть между LAN-сетью организации и внешней сетью, как правило, в сети Интернет. Хосты в демилитаризованной зоне содержат и обеспечивают все внешние услуги организации, такие как электронная почта или веб-сервер, но им не разрешено подключаться непосредственно к внутренней сети LAN.		чению к энергосистеме распределенной генерируемой электроэнергии (с фотоэлектрическими элементами, небольшими ветровыми турбинами, микро-ГЭС или даже комбинированными генераторами тепловой энергии в зданиях), хранению сетевой энергии для баланса нагрузки распределённых источников генерирования электрической энергии и
Диэлектрическая прочность	Свойство электрического компонента вы- держивать без повреждения все напряжения определенных значений и длительности,	IAT	повышению надежности во многих различных случаях отказа компонентов.
	вплоть до уровня соответствующего выдерживаемого напряжения. Это может быть рабочее напряжение или более высокочастотное напряжение, вызванное коммутационными	ИТ-система	Система питания, которая не обеспечивает прямую связь между проводниками под напряжением и заземленными частями; открытые проводящие части заземлены.
	операциями, коротким замыканием на землю	К	
	(внутренние перенапряжение) или ударом молнии (внешнее перенапряжение).	Кайзен	Японская философия, которая фокусируется
Ё Ёмкостный трансфор- матор напряжения (емкостный ТН)	А -> трансформатор напряжения, содержащий конденсаторный делитель и электромагнитное устройство, сконструированные и соединённые таким образом, чтобы вторичное напряжение электромагнитного блока было существенным образом пропорционально первичному напряжению и отличалось по фазе от него под углом, который приблизительно равен нулю для соответствующего направления соединений.	.c.ise	на непрерывном улучшении всех аспектов жизни, которая впервые была реализована на нескольких японских предприятиях как стратегия управления после Второй мировой войны, и которая принята для предприятий во всем мире как непрерывный процесс совершенствования (CIP).
		Коды времени IRIG	Группа стандартизированных временных кодов, используемых правительством США и частным сектором промышленности для корреляции данных и времени.
3	паправления соединения	Контактор	Устройство отключения нагрузки с ограничен-
Заземляющий нож	Механическое коммутационное устройство для заземления участков электрической цепи,		ной включающей и отключающей способностью при коротком замыкании, используемое для многократного переключения.
	способное выдерживать в течение определен- ного времени электрические токи в аномальных условиях, такие как короткое замыкания, но не требующее проводки электрического тока при нормальных условиях электрической цепи.	Короткое замыкание	Соединение двух или нескольких точек электрической цепи, которые должны иметь разное напряжение, через сверхмалое активное или полное сопротивление.
И Измерительный транс-	Преобразование сильных токов и высоких	Короткое замыкание на землю	Появление случайного проводящего пути между элементом токовой цепи под напряжением и землей.
форматор	напряжений в меньшие значения тока или	л	
Импусльсно-кодовая	напряжения с целью выполнения измерений или обеспечения защиты. Цифровое представление аналогового сигна-	Линия передачи с газовой изоляцией (GIL)	Линии передачи, состоящие из труб, которые содержат проводники в газе с высокой изолирующей способностью (гексафторид серы
модуляция (РСМ)	ла, где значение сигнала регулярно измеряет- ся через равные интервалы, а затем дискреди- тируется в серию символов в цифровом коде		(SF6), элегаз), обладающие высокой пропускной способностью при большой нагрузке.
	(обычно бинарном).	M	
		Максимальный ток	Любой ток в электрической цепи, превышающий -> номинальный ток.
		Многократное автоматическое повторное включение (АПВ)	Автоматическое повторное включение, по- вторяемое в случае повреждения два или три раза (как правило, не чаще).
		Н	
		Нейтральный проводник (N)	Проводник, соединенный с нейтральной точкой системы, подходящей для передачи электрической энергии.

Непрерывные функци- ональные схемы (CFC)	Инструмент проектирования компании Siemens, который предлагает графическую взаимосвязь и параметрирование имеющихся в наличии или определяемых пользователем функциональных блоков для решения	Операция отключения	Разрыв электрической цепи в результате того, что контактные элементы переключающего устройства находятся в разомкнутом положении.
U. avaa vaanaa vaa	сложных задач непрерывного контроля -> SFC (последовательная функциональная схема).	Определение много- функционального интерфейса	Комплект общих услуг, используемых для интеграции предприятия в коммунальную отрасль, в соответствии со стандартом МЭК
низкое напряжение (LV)	уровней напряжений, используемый для распределения энергии до 1000 В переменного тока или 1200 В постоянного тока.		61970. Набор стандартов подключения для про-
Номинальная отключающая способность	Значение тока короткого замыкания, которое может отключить переключающее устройство при номинальном рабочем напряжении, номинальной частоте и указанном коэффициенте мощности (или указанном постоянном времени).		мышленной автоматизации от организации OPC Foundation, которая предлагает взаимо- действие между датчиками, базами данных, программируемыми логическими контролле- рами (PLC), распределительными системами управления (DCS) и блоками с дистанционны- ми терминалами (RTU).
Номинальное напря- жение	Максимальное напряжение, при котором электрический компонент может работать в течение длительного времени без незаплани-	Отключающая способ- ность	Наибольший ток, который коммутационное устройство может отключить при определенных условиях.
	рованного ухудшения качественных характеристик и угрозы безопасности.	Отключение электро- питания	Полное прерывание тока цепи, соединяющей потребителя с источником электроэнергии.
Номинальный ток	Ток, которой при определенных условиях может проводить электрическое устройство без перегрева и механической перегрузки.	Отсоединение (механического переключающего устройства)	Устройство, механически соединенное с механическим переключающим устройством, которое отсоединяет держатели, обеспечива-
Номинальный ток включения при ко- ротком замыкании	Пиковое значение тока включения в случае короткого замыкания на выводах коммута- ционного устройства.		ющие размыкание или замыкание переключающего устройства.
Номинальный ток отключения	Ток отключения нагрузки при нормальной работе.	Отходящий фидер (отходящее присоеди- нение)	Ячейка фидера на подстанции, которая обычно используется для передачи питания системе.
Номинальный ток	Среднеквадратическое значение тока от-	П	
отключения при ко- ротком замыкании Нормированная	ключения в случае короткого замыкания на выводах коммутационного устройства. Пиковое значение основного контура тока	Перегрузка	Условия эксплуатации в качественной, с точки зрения электрики, и безотказной электриче- ской цепи при максимальном токе.
амплитуда максималь- ного выдерживаемого тока	короткого замыкания во время процесса коммутации после начала протекания тока, который аппарат может проводить в закрытом состоянии.	Переключатель/ переключающее устройство	Устройство для замыкания или отключения электрической цепи.
Нормированный уровень изоляции	Диэлектрическая прочность от фазы к земле, между фазами и через открытый контактный зазор или через изоляционное расстояние.	Перепад напряжения (в линии)	Разница, возникшая в определенный момент между напряжениями, измеряемая в двух заданных точках вдоль линии.
	Диэлектрическая прочность проверяется испытанием на выдерживаемое напряжение грозового импульса со стандартной импульсной волной 1,2/50 с, а также испытанием на выдерживаемое напряжение промышленной частоты (50 Гц/1 мин).	Переходное пере- напряжение	Очень короткое время повышения напряжения между двумя или несколькими проводниками. Переходные перенапряжения в основном обусловлены вторичными проявлениями молнии или случаями переключения электрической цепи; они могут привести к серьезному повреждению компонентов электрической
0	(60.0)		сети питания.
Общая информацион- ная модель (CIM)	Общая информационная модель (CIM) – это открытый стандарт, который определяет, ка- ким образом управляемые элементы ИТ-среды отображаются в виде общего набора объектов	Подводящая питающая линия	В подстанции фидер питающей линии, который обычно используется для получения питания от системы.
	и связей между ними. Целью этого стандарта является обеспечение постоянного управле- ния такими управляемыми элементами неза- висимо от их изготовителя или поставщика.	Подстанция	Часть энергосистемы, ограниченная определенной областью, в основном включающая концы высоковольтных или распределительных линий, электрические распределитель-
Ограничение тока	Способность устройства защиты от токов повреждения (предохранитель или выключатель) уменьшать максимальный ток в цепи до предела значения пикового тока коротко-		ные устройства, здания и трансформаторы. Подстанция обычно включает в себя устройства безопасности и управления (например, защитные устройства).
	го замыкания, ожидаемого на основании параметров цепи (R, L), путём отключения и устранения отказа цепи во временных рамках подцикла.	Последовательный реактор	Реактор, предназначенный для последовательного соединения в сети, ограничения тока в случае неисправности, а также для распределения нагрузки в параллельных цепях.
Ограничитель пере- напряжения	Устройство предназначено для защиты электрооборудования от высоких переходных перенапряжений, вызванных ударами молнии или коммутациоными операциями.		

Предохранитель	Защитное устройство, которое методом оплав-	Разъединитель	Механическое переключающее устройство,
предохраниель	ления одного или нескольких специально разработанных и распределенных компонентов размыкает цепь, в которой оно находится, путем разрыва тока, когда он превышает заданное значение в течение определенного периода времени. Предохранитель включает в себя все части, которые образуют комплект-	тизасдинитель	которое в разомкнутом положении отключает все полюса электрической цепи. Разъединители используются для замыкания и размыкания без нагрузки, например, для изоляции расположенных ниже по линии устройств для получения к ним доступа.
Пб	ное устройство.	Распределительное устройство с элегазо-	Распределительное устройство внутренней и внешней установки, обладающее компакт-
Преобразователь напряжения	Преобразователь, используемый для измерения переменного напряжения.	вой изоляцией (GIS)	ной конструкцией и малыми размерами для подстанций вплоть до 550 кВ для установки в городских или индустриальных энергоузлах.
Преобразователь тока	Преобразователь, используемый для измерения переменного тока.		Все компоненты находятся в заземленных металлических корпусах, заполненных для изоляции газом гексафторида серы (SF6, элегаз).
Приём-передача (Е&М)	Технология в IP-телефонии (VoIP), которая использует традиционную телефонную трубку с наушником (или динамиком) для прослуши- вания поступающего аудиопотока и микрофон (или выходное отверстие трубки) для передачи аудиопотока. Звонки, использующие интер- фейс E&M, могут быть совершены, получены и разъединены с помощью частной телефонной	Распределительные устройства наружной установки с открытой конструкцией и воздушной изоляцией (РУ/КРУ)	Высоковольтные подстанции, в которых все то- коведущие части имеют воздушную изоляцию, но не снабжены каким-либо покрытием. РУ/ КРУ всегда устанавливаются на огороженной территории; доступ имеет только уполномо- ченный персонал.
	станции с выходом в общую сеть (РВХ), а также компьютера, оснащенного IP-телефонией. Термин "слуховой и речевой интерфейс" иногда употребляется как синоним телефонной трубки или комбинации телефонной трубки и	Расширяемый язык маркировки (XML)	Язык маркировки для облегчения обмена структурированными данными между раз- личными информационными системами; он используется как для кодирования докумен- тов, так и для сериализации данных.
Принципиальная элек-	микрофона, которая позволяет производить операции в режиме голосовой беспроводной связи. Упрощенное обозначение для представле-	Регулятор напряжения	Ступенчатый автотрансформатор с ответвлениями, используемый для поддержания желаемого уровня напряжения в течение всего времени.
трическая схема (SLD)	ния трехфазной системы питания, в которой многофазные связи представлены одной эквивалентной линией.	Регулятор потока сетевого питания (GPFC)	Концепция в системе технологии в -> семействе устройств из гибкой системы передачи электроэнергии переменным током (FACTS), которая обеспечивает экономичное решение с целью передачи энергии между двумя или несколькими смежными системам переменного тока. Системы переменного тока. Системы переменного тока. Значение наиболее соответствующей мощно-
Провод заземления			
Протокол высокоско- ростного связующего дерева (RSTP)	Сетевой протокол в соответствии с IEEE 802.1w для отключения лишних путей в локальной сети или для их активации в случае необходимости (например, в случае отказа переключателя, мостов и т.д.).	Резервная защита	сти находится в диапазоне от 10 МВт до 300 МВт, хотя также могут быть достигнуты более высокие показатели. Взаимодействие двух тщательно подобранных устройств защиты от токов повреждений,
Протокол для обмена между диспетчерскими центрами (ICCP)	Протокол для обмена между диспетчерскими центрами (ICCP или МЭК 60870-6/ГАЅЕ.2) в настоящее время уточняется энергетическими организациями по всему миру, чтобы обеспечить обмен данными по глобальным сетям (WAN) между сервисными центрами управления, системами обеспечения электроэнергии, объединениями энергосистем, региональными центрами управления и частными производителями электроэнергии.		устроиств защиты от токов повреждении, последовательно соединенных в точках, в которых в случае неисправности одно устройство не может коммутировать возможный ток короткого замыкания. Если, соответственно, возникает большой ток короткого замыкания, резервное устройство защиты от токов повреждений освобождает следующее, расположенное ниже по линии устройство защиты от токов повреждений, тем самым предотвращая его от перегрузки.
Протокол передачи файлов (FTP)	Протокол передачи для обмена файлами через любую -> сеть TCP/IP.	Резистивный датчик температуры (RTD)	Устройство для измерения температуры, основанное на изменении сопротивления в металле с более или менее поступательным
Процесс непрерывного совершенствования	-> Кайзен	C	ростом сопротивления вместе с температурой.
(CIP)		Сборные шины	Проводник с низким сопротивлением, к
Прошедший типовые испытания блок аппаратуры управления и	Блок аппаратуры управления и распредели- тельной аппаратуры низкого напряжения, собранный и прошедший типовые испытания	соорные шины	которому может быть отдельно подключено несколько электрических цепей.
распределительной аппаратуры низкого напряжения (ТТА)	в соответствии с МЭК 60439-1/EN 60439-1/DIN VDE 0660-500.	Селективность	Совместная работа устройств защиты от сверхтоков, последовательно соединённых для предоставления возможности раздельного отключения.
Рабочее напряжение (в системе)	Значение напряжения при нормальных условиях, в данный момент и в данной точке системы	Система сборных шин	Протяженные шины в кожухе, оснащенные точками отвода энергии для передачи ее машинам и другим потребителям через различные отводные блоки.

Система ТТ Скачок напряжения	Система питания; в системе ТТ одна точка непосредственно заземлена, все открытые проводящие части подключены к заземляющим электродам, которые отделены от системы заземления. Волна переходного напряжения, распространяющаяся вдоль линии или цепи, которая характеризуется быстрым увеличением, за которым следует более медленное снижение	Трансформатор тока (TT)	Тип измерительного трансформатора, разра- ботанный для обеспечения тока в его вторич- ной обмотке пропорционального переменно- му току, протекающему в первичной обмотке. ТТ способствуют безопасному измерению больших токов, часто при наличии высокого напряжения. Трансформатор тока надежно изолирует измерительные схемы и схемы контроля от высокого напряжения, обычно присутствующего на измеряемой цепи.
Среднее напряжение (СН)	напряжения. Ряд уровней напряжений между -> низким напряжением (НН) и -> высоким напряжени-	Трансформаторная подстанция	Подстанция, содержащая силовые трансформаторы, соединяющая две или несколько сетей различного напряжения.
	ям (СН). Границы между высоким и низким напряжением зависят от местных обстоя-	у	
	тельств, истории или общего использования. Диапазон от 1 кВ до 52 кВ является общепринятым в Европе. Термин "напряжение" не используется в Великобритании и Австралии.	Удаленный терминал (RTU)	Электронное устройство для передачи данных распределенной системе управления или системе SCADA для изменения состояния связанных объектов на основе контролируемых
Суммарное значение коэффициента гармонических искажений (THD)	Суммарное значение коэффициента нелинейных искажений сигнала (ТНD) — это измерение присутствующих нелинейных искажений, которое определяется как отношение суммы мощностей всех гармонических составляющих к мощности основной частоты.	Устойчивость к короткому замыканию	сообщений, полученных из системы. Механическое сопротивление переключающего устройства к усилию при коротком замыкании, особенно шин в распределительных станциях и распределительных щитах.
Суммарное значение коэффициента гармонических искажений (THD)	Суммарное значение коэффициента нелинейных искажений сигнала (THD) — это измерение присутствующих нелинейных искажений, которое определяется как отношение суммы мощностей всех гармонических составляющих к мощности основной частоты.	Устройство защитного отключения (RCB)	Механическое переключающее устройство, разработанное для включения, переноса и разрыва тока в нормальных условиях эксплуатации, а также для размыкания контактов, когда ток нулевой последовательности достигает заданного значения при определенных условиях.
T		Φ	,
Температура окружаю- щей среды	Температура воздуха (измеряемая при определенных условиях), который окружает элемент электрического оборудования. Температура окружающей среды влияет на рассеивание	Фазорегулирующий трансформатор	Устройство для управления потоком энергии через определенные линии в сложной сети электропередач.
Ток короткого замы-	тепла, которое может привести к необходимости уменьшения -> номинального тока. Ток повреждения, проходящий через точку ->	Фидер (присоединение)	Линия электропередач, берущая начало на основной подстанции и поставляющая электроэнергию на одну или большее количество вторичных подстанций.
кания Ток нулевой последо-	короткого замыкания, что может привести к тепловой или механической перегрузке электрического оборудования. Сумма мгновенных значений всех токов,	Фотоэлектрическая система, соединённая с электросетью	Фотоэлектрическая система, в которой фотоэлектрическая батарея действует как центральная генераторная установка, подающая
вательности	протекающих через все активные проводники электрической системы в одной точке.		питание в электросеть.
Ток при отключении	Текущее значение, при котором отключающий элемент выполняет отключение в конкретный момент времени. Выключатель, при использовании которо-	Фотоэлектрический пиковый ватт	Максимальная "номинальная" мощность фото- электрического элемента, модуля или систе- мы. Стандартными номинальными условиями являются солнечный свет интенсивностью 1000 Вт/м2, окружающий воздух температу- рой 20°С и ветер со скоростью1 м/с.
выключатель	го время отключения является достаточно	Ш	рои 20 с и ветер со скороствют мис.
	коротким для предотвращения достижения пикового значения тока короткого замыкания другим способом.	Шунтирующий реактор	Реактор, предназначенный для шунтирующего соединения в сети для компенсации емкостного тока.
Трансформатор напря- жения	Измерительный трансформатор, в котором вторичное напряжение в нормальных усло- виях эксплуатации существенным образом	Шунтовой расцепитель	Расцепитель, получающий энергию от источника напряжения.
	пропорционально первичному напряжению и отличается по фазе от него под углом,	Я	
Трансформатор напря-	который приблизительно равен нулю для соответствующего направления соединений. Устройство для передачи соответствующего	Язык программиро- вания Visual BASIC для прикладных программ	Управляемый событиями язык программированная с ним интегрированная с реда разработки (IDE), встроенная в большее
жения (ТН)	напряжения на счетчики, используемые для расчетов с промышленными абонентами или коммунальными предприятиями.	(VBA)	количество приложений Microsoft Office.



Сокращения, торговые марки



12.1	Сокращения	508
12.2	Торговые марки	512

A	
AAC	Цельноалюминиевый проводник
AC	Переменный ток
ACB	Воздушный выключатель
ACSR	Алюминиевый проводник, армированный сталью
ADC	Аналого-цифровой преобразователь (АЦП)
ADM	Асинхронный цифровой мультиплексор
AF	Принудительно воздушное (тип охлаждения трансформаторов с литой изоляцией)
Al	Алюминий
AN	Естественное воздушное охлаждение трансформаторов с литой изоляцией
AIS	Распределительное устройство с воздушной изоляцией
AMI	Автоматизированная учетная инфраструктура
AMIS	Автоматическое поступление данных потребления и система информации
ANSI	Американский национальный институт стандартов
AR	Автоматическое повторное включение (АПВ)
ASC	Дугогасительная катушка
ASCII	Американский стандартный код обмена информацией
ATM	Режим асинхронной передачи данных
ATM-IMA	Инверсное мультиплексирование для АТМ
AVR	Автоматический регулятор напряжения
В	
BCU	Устройство управления присоединением
ВҒ (защита)	Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ)
BFI (время)	Инициация повреждения размыкателя сети (время)
BFT (время)	Отключение при повреждении размыкателя сети (время)
BIL	Уровень импульсной прочности изоляции
BIPV	Фотоэлектрическая система, интегрированная в структуру коммунального обслуживания зданий
DOC!	
BOSL	Язык блочного моделирования
BPL	Язык блочного моделирования Высокоскоростное соединение по силовым линиям
	Высокоскоростное соединение по силовым линиям
BPL	
BPL B2B	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса
BPL B2B BS	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса
BPL B2B BS C	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система
BPL B2B BS C CAD/CAE	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования
BPL B2B BS C CAD/CAE CAPEX	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования Капитальные расходы
BPL B2B BS C CAD/CAE CAPEX CCS	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования Капитальные расходы Ячейка для индивидуальных решений Группа быстрого реагирования на нарушения компью-
BPL B2B BS C CAD/CAE CAPEX CCS CERT	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования Капитальные расходы Ячейка для индивидуальных решений Группа быстрого реагирования на нарушения компьютерной безопасности
BPL B2B BS C CAD/CAE CAPEX CCS CERT CFC	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования Капитальные расходы Ячейка для индивидуальных решений Группа быстрого реагирования на нарушения компьютерной безопасности Непрерывная функциональная диаграмма
BPL B2B BS C CAD/CAE CAPEX CCS CERT CFC	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования Капитальные расходы Ячейка для индивидуальных решений Группа быстрого реагирования на нарушения компьютерной безопасности Непрерывная функциональная диаграмма Буферная коммуникация Комбинированное производство электроэнергии и
BPL B2B BS C CAD/CAE CAPEX CCS CERT CFC CFM CHP	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования Капитальные расходы Ячейка для индивидуальных решений Группа быстрого реагирования на нарушения компьютерной безопасности Непрерывная функциональная диаграмма Буферная коммуникация Комбинированное производство электроэнергии и тепла Общая информационная модель
BPL B2B BS C CAD/CAE CAPEX CCS CERT CFC CFM CHP	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования Капитальные расходы Ячейка для индивидуальных решений Группа быстрого реагирования на нарушения компьютерной безопасности Непрерывная функциональная диаграмма Буферная коммуникация Комбинированное производство электроэнергии и тепла Общая информационная модель Процесс непрерывного совершенствования
BPL B2B BS C CAD/CAE CAPEX CCS CERT CFC CFM CHP CIM CIP CIT	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования Капитальные расходы Ячейка для индивидуальных решений Группа быстрого реагирования на нарушения компьютерной безопасности Непрерывная функциональная диаграмма Буферная коммуникация Комбинированное производство электроэнергии и тепла Общая информационная модель
BPL B2B BS C CAD/CAE CAPEX CCS CERT CFC CFM CHP CIM	Высокоскоростное соединение по силовым линиям а) здание для здания; б) бизнес для бизнеса Британский стандарт Система компьютерного проектирования/система автоматизированного конструирования Капитальные расходы Ячейка для индивидуальных решений Группа быстрого реагирования на нарушения компьютерной безопасности Непрерывная функциональная диаграмма Буферная коммуникация Комбинированное производство электроэнергии и тепла Общая информационная модель Процесс непрерывного совершенствования Комбинированный измерительный трансформатор

CVT	Емкостный трансформатор напряжения (емкостный TH)
СТ	Трансформатор тока (TT)
Cu	Медь
D	
DAC (ЦАП)	Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)
DAU	Устройство сбора данных
DC	Постоянный ток
DEMS	Рассредоточенная система управления энергопотреблением
DER	Распредёленные энергоресурсы
DG	Распределённые источники генерирования электриче- ской энергии
DIN	нем.: Deutsches Institut für Normung e. V.; Немецкий институт стандартизации
DINEMO	Цифровая модель сети
DIP	Распределенный процессор интерфейса
DisCo	Энергораспределительная компания
DMAIC	Определение-измерение-анализ-усовершенствование- контроль
DMS	Система управления распределительными сетями
DMZ	Демилитаризованная зона
DN	Система, создающая выдержку времени
DNP	Распределенный сетевой протокол
DQS	нем.: Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen; Немецкое сообщество регистра- ции систем управления
DSL	Цифровая абонентская линия
DT	Распределительный трансформатор
DTC	Компактное устройство бакового типа
E	
Интерфейс E&M	Интерфейс "прием-передача" ("ухо-рот")
EAF	Дуговая электропечь
ECANSE	Окружающая среда для автоматизированного нейтрального программирования
ECR (стеклово- локно)	Электрическое сетевое антикоррозийное (стекловолокно)
EDP (ЭОД)	Электронная обработка данных
EHV	Сверхвысокое напряжение (СВН)
EIB	Европейская установочная шина
EIRP	Эффективная изотропно-излучаемая мощность
ELCOM	Связь систем энергоснабжения
EM	Мероприятия по охране окружающей среды
ЕМС (ЭМС)	Электромагнитная совместимость
EMS	Система управления энергопотреблением
EN	нем.: Europa-Norm; Европейский стандарт
ЕРС (контракт)	Проектирование, поставки и строительство (контракт)
EPROM	Стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство
ERIP (струк- тура)	Изоляционная, пропитанная эпоксидной смолой бумага (структура)
ETSI	Европейский институт телекоммуникационных стан-

1	7

ETU	Блок электронного расцепителя
EU (EC)	Европейский Союз
F	
FACTS	Гибкая система передачи электроэнергии переменным током
FCITC	Нарастающая способность переноса первых непредвиденных расходов
Fe	Железо
FEM	Метод конечного элемента
FMS	Спецификация сообщений Fieldbus
FO	Оптоволокно
FR	Фильтр-реактор
FRP	Полиэфир, армированный стекловолокном
FSC	Зафиксированный последовательный конденсатор
FTP	Протокол передачи файлов
G	
GA	Шкаф связи с генератором
GenCo	Компания-производитель электроэнергии
GFP	Общая процедура фреймирования
GID	Определение многофункционального интерфейса
GIL	Линия передачи с газовой изоляцией
GIS	Распределительное устройство с газовой изоляцией
GMB	Графический разработчик моделей
GMS	Система управления производством электроэнергии
GOOSE	Общее объектно-ориентированное событие на подстанции
GPFC	Регулятор потока сетевого питания
GPS	Общее обеспечение электроэнергией; Глобальная навигационная спутниковая система
GPRS	Общий сервис пакетной радиопередачи
GSM	Глобальная система мобильной связи (изначально с французского: groupe spécial mobile)
GSU трансфор- матор	Повышающий генераторный трансформатор (блочный трансформатор)
G-отключение	Защита от замыканий на землю
GUI	Графический пользовательский интерфейс
Н	
HF (BU)	Высокая частота
HIGS	Высоко интегрированное генераторное распределительное устройство
HIS	Высоко-интегрированное распределительное устройство
HMI	Человек-машинный интерфейс
HRC (предохрани- тель)	Большая отключающая способность (предохранителя)
HTTP/HTTPS	Протокол передачи гипертекстовых файлов/протокол защищённой передачи гипертекстовой информации
HTV (силико- новый каучук)	Высокотемпературная вулканизация (силиконовый каучук)
HV	Высокое напряжение (ВН)
HVDC	Постоянный ток высокого напряжения

IAC	Vracciudauva pingraciusiya nya
	Классификация внутренних дуг
ICCP	Протокол для обмена между диспетчерскими центрами
IDS	Система обнаружения несанкционированного проник- новения
IEC	Международная электротехническая комиссия (МЭК).
IED	Интеллектуальное электронное устройство (ИЭУ)
IEEE	Институт инженеров по электронике и электротехнике
IGBT	Биполярный транзистор с изолированным затвором
ILSA (прото- кол)	Объявление о состоянии связи (протокол) для предприятий
IMM	Управление информационной моделью
IP (код)	Защита от несанкционированного входа (код)
IP	Интернет-протокол
IPP	Независимая электроснабжающая организация
IRIG (времен- ные коды)	Временные коды символьного протокола синхронизации устройств
ISCM	Интегральные услуги и мониторинг условий поддержки
ISDN	Цифровая сеть с интеграцией услуг
ISO	Международная организация по стандартизации; независимый системный оператор
IT	Информационные технологии
І-отключение	Моментальная защита от короткого замыкания
J	
K	
KNX	Konnex
L	
LAN.	Локальная компьютерная сеть
LAN. LCAS	Локальная компьютерная сеть Схема регулирования пропускной способности канала
LCAS LC-дисплей	Схема регулирования пропускной способности канала
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей)	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД)
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория)	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория)
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (катего-рия)	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория) LTT LV	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН)
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория) LTT LV LVMD	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН)
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория) LTT LV LVMD	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН) Основной распределитель низкого напряжения
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория) LTT LV LVMD M MBR	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН) Основной распределитель низкого напряжения
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория) LTT LV LVMD M MBR MCB	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН) Основной распределитель низкого напряжения Управленческий обзор деловой активности Малогабаритный автоматический выключатель
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория) LTT LV LVMD M MBR MCB MCCB	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН) Основной распределитель низкого напряжения Управленческий обзор деловой активности Малогабаритный автоматический выключатель Выключатель в литом корпусе
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория) LTT LV LVMD M MBR MCB MCB MD	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН) Основной распределитель низкого напряжения Управленческий обзор деловой активности Малогабаритный автоматический выключатель Выключатель в литом корпусе Основной распределитель
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (катего-рия) LTT LV LVMD M MBR MCB MCCB MD MFC	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН) Основной распределитель низкого напряжения Управленческий обзор деловой активности Малогабаритный автоматический выключатель Выключатель в литом корпусе Основной распределитель Базовый класс корпорации Microsoft
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория) LTT LV LVMD M MBR MCB MCCB MD MFC MMC	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН) Основной распределитель низкого напряжения Управленческий обзор деловой активности Малогабаритный автоматический выключатель Выключатель в литом корпусе Основной распределитель Базовый класс корпорации Microsoft Модульный многоуровневый преобразователь
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (категория) LTT LV LVMD M MBR MCB MCCB MD MFC MMC MO	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН) Основной распределитель низкого напряжения Управленческий обзор деловой активности Малогабаритный автоматический выключатель Выключатель в литом корпусе Основной распределитель Базовый класс корпорации Microsoft Модульный многоуровневый преобразователь Оксид металла
LCAS LC-дисплей (ЖК-дисплей) LED LF LI LPVTG LSC (катего-рия) LTT LV LVMD M MBR MCB MCCB MD MFC MMC MO MOD	Схема регулирования пропускной способности канала Жидкокристаллический (ЖК) дисплей Светоизлучающий диод (СИД) Ковшовая печь Грозовой импульс Маломощный преобразователь напряжения для распределительных устройств среднего напряжения с газовой изоляцией Потеря непрерывности электроснабжения (категория) Светоуправляемые тиристоры Низкое напряжение (НН) Основной распределитель низкого напряжения Управленческий обзор деловой активности Малогабаритный автоматический выключатель Выключатель в литом корпусе Основной распределитель Базовый класс корпорации Microsoft Модульный многоуровневый преобразователь Оксид металла Модель по требованию

12.1 Сокращения

MPDSL	Предельно допустимая динамическая рабочая нагрузка
MPSL	Предельно допустимая рабочая нагрузка
MSC	Конденсатор с механическим переключением
MSCDN	Батарея конденсаторов с механическим переключением и системой выдержки по времени
MSP	Защитное устройство пускателя двигателя
MSPP	Многофункциональная платформа снабжения
MSR	Реактор с механическим переключением
(2F-) MS- SPRing	(2-волоконное) разделенное на секции мультиплексорное защитное кольцо
MTBF	Время между отказами (наработка на отказ)
MUX	Мультиплексор
MV	Среднее напряжение (СН)
N	
N (проводник)	Нейтральный (проводник)
N_2	Азот
NERC	Североамериканская корпорация по обеспечению надежности электросистем
NEVA	Анализ собственного спектра
NIP	Процессор сетевого интерфейса
NLTC	Переключатель напряжения при нулевой нагрузке
NTP	Протокол сетевого времени
N-отключение	Защита нейтрального проводника
0	
OASIS	Оперативная информационная система с открытым доступом
ODBC	Открытый интерфейс доступа к базам данных
ODMS	Система технического обслуживания операционной базы данных
OHL	Воздушная линия электропередачи
ОІР (структура)	Структура промасленной бумаги (трансформаторного ввода) (-> ERIP (бумага, пропитанная эпоксидной смолой)
OLE (-> OPC)	Связывание и внедрение объектов
OLTC	Переключатель напряжения под нагрузкой (РПН)
ONAF	Естественный масляный/принудительный воздушный тип охлаждения трансформаторов
ONAN	Естественный масляный/естественный воздушный тип охлаждения трансформаторов
OPF	Оптимальное потокоразделение
OPEX	Эксплуатационные расходы
OPGW	Оптический провод заземления
OSI	Эталонная модель взаимодействия открытых систем
P	
PABX	Частная ATC с исходящей и входящей связью
PCI	Периферическое межкомпонентное соединение
PCM	Кодово-импульсная модуляция
PDH	Плезиохронная цифровая иерархия; международный стандарт мультиплексирования
PD-способ- ность	Частичная пропускная способность
PE	Полиэтилен
РЕ (провод- ник)	Защитное заземление (проводник)

PEHLA	нем.: Prüfung elektrischer Hochleistungsapparate; ассоциация владельцев испытательных лабораторий большой мощности в Германии и Швейцарии
PEN (провод- ник)	комбинированный -> заземляющий (PE) и -> нейтральный проводник (N)
PLC	а) высоковольтная линия; б) программируемый логический регулятор
POD	Успокоение качания мощностей
POTT	Передача разрешающего сигнала отключения от ступени с полным охватом
PP	Полипропилен
PQ	Качество энергии
PROFIBUS	Высокоскоростная шина цифрового технологического оборудования
PROFIBUS DP	Высокоскоростная шина цифрового технологического оборудования для децентрализованной периферии
PROFIBUS FMS	Высокоскоростная шина цифрового технологического оборудования с ->протоколом FMS
PST	Фазорегулирующий трансформатор
РТС (терми- стор)	Положительный температурный коэффициент (термистор)
PT	Трансформатор напряжения
PTI	-> Компания Siemens PTI
PUTT	Передача разрешающего сигнала отключения от ступени с неполным охватом
PV	Фотоэлектрические устройства
PV/QV (анализ)	Мощность/перепады напряжения/напряжение (анализ)
PVC	Поливинилхлорид
Q	
Q	Выключатель
Q QM (система)	Выключатель Управление качеством (система)
QM (система) R	Управление качеством (система)
QM (система) R R&D процесс	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс
QM (система) R	Управление качеством (система)
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёж-
QM (система) R R&D процесс RCAM	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения)	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева Резисторный термометр/детектор
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD RTU	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева Резисторный термометр/детектор
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD RTU S SAIDI	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева Резисторный термометр/детектор
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD RTU S	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева Резисторный термометр/детектор Пульт дистанционного управления Индекс средней длительности прерываний энергоснаб-
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD RTU S SAIDI	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева Резисторный термометр/детектор Пульт дистанционного управления Индекс средней длительности прерываний энергоснабжения;
QM (система) R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD RTU S SAIDI SAS SCADA SCCL	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева Резисторный термометр/детектор Пульт дистанционного управления Индекс средней длительности прерываний энергоснабжения; Стационарная автоматизированная система
R R&D процесс RCAM RCD RC (Делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD RTU S SAIDI SAS SCADA	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева Резисторный термометр/детектор Пульт дистанционного управления Индекс средней длительности прерываний энергоснабжения; Стационарная автоматизированная система Система диспетчерского управления и сбора данных
R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD RTU S SAIDI SAS SCADA SCCL SCL SD	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева Резисторный термометр/детектор Пульт дистанционного управления Индекс средней длительности прерываний энергоснабжения; Стационарная автоматизированная система Система диспетчерского управления и сбора данных Ограничитель тока короткого замыкания
R R&D процесс RCAM RCD RC (делитель напряжения) RES RMS; rms RMU RPS RSTP RTD RTU S SAIDI SAS SCADA SCCL SCL	Управление качеством (система) Научно-исследовательский процесс Управление ресурсами с целью обеспечения надёжности Защитное устройство по дифференциальному току Резистивно-емкостный делитель напряжения Возобновляемые источники энергии Среднеквадратичное значение Блок кольцевой кабельной сети Резервный источник питания Протокол высокоскоростного связующего дерева Резисторный термометр/детектор Пульт дистанционного управления Индекс средней длительности прерываний энергоснабжения; Стационарная автоматизированная система Система диспетчерского управления и сбора данных Ограничитель тока короткого замыкания Язык описания конфигурации подстанций

SDH	Синхронная цифровая иерархическая структура; мультиплексированный протокол для передачи много- битовых потоков посредством аналогичного оптиче- ского волокна
SFC	Последовательная функциональная схема
SF ₆	Гексафторид серы (элегаз)
SiC	Карбид кремния
Siemens PTI	Компания Siemens Power Technologies International
SIM	Последовательный модульный интерфейс
SIP	Процессор последовательного интерфейса
SLD	Принципиальная электрическая схема
SNCP	Защита соединения подсети
SNMP	Простой протокол управления сетью
SONET	Синхронная оптоволоконная сеть связи
SPS	Безопасная подача питания
SQL	Язык структурированных запросов
SSR	Подсинхронный резонанс
STATCOM	Статичный синхронный компенсатор
STM	Синхронный транспортный модуль
STL	Тестируемое взаимодействие короткого замыкания
S-отключение	Защита от токов короткого замыкания с кратковременной выдержкой времени
SVC	Статический вар-компенсатор
T	
TAI	Интеграция технических средств
TCP	Протокол управления передачей
TCR	Шунтирующий реактор с тиристорным регулированием
TCSC	Последовательный конденсатор с тиристорным регулированием
THD	Суммарный коэффициент гармонических искажений
(Siemens) TLM	(Siemens) Обслуживание трансформатора в течение срока эксплуатации
ТМ (отключе- ние)	Тепловое и электромагнитное (отключение)
ТМ (шина)	Терминальный модуль(шина)
TPSC	Последовательный конденсатор с тиристорной защитой
TransCo	Компания по передаче электроэнергии
TRV	Переходное восстанавливающееся напряжение
TSC	Конденсаторный реактор с тиристорным управлением
TSR	Реакторы с тиристорным управлением
TSSC	Последовательный конденсатор с тиристорным управлением
TTA	Прошедшее типовые испытания распределительное устройство низкого напряжения
U	
UCTE	Европейский союз координации передачи электро- энергии
UHF	Ультравысокая частота
UHVDC	Постоянный ток ультравысокого напряжения
UI	Интерфейс пользователя.
UML	Унифицированный язык моделирования
UMTS	Универсальная система мобильной связи

Универсальная последовательная шина; стандарт последовательной шины для интерфейсных устройств
Источник бесперебойного электропитания
Язык программирования Visual BASIC для прикладных программ
Виртуальное последовательное соединение
нем.: Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik; Немецкая ассоциация для электрических, электронных и информационных технологий
Блок визуального отображения
Диапазон звуковых частот
Очень высокая частота
Виртуальная электростанция
Инвертор напряжения
Трансформатор напряжения
Сеть широкого охвата
Спектральное разделение сигналов
Беспроводная локальная сеть передачи данных
Технология беспроводного широкополосного доступа
Технология широкополосного доступа в микроволновом диапазоне
Расширяемый язык маркировки

Все торговые обозначения являются торговой маркой или наименованием продукции компании Siemens AG, ее дочерних компаний и их соответствующих владельцев. Microsoft, Encarta, MSN и Windows являются зарегистрированными товарными знаками или торговыми марками Microsoft Corporation в США и/или в других странах. DIGSI® ET 200® GEAFOL® Kiellinie® MOD® Model On Demand® NETOMAC® (Механизированное управление закрученности сети) NXAIR® NXPLUS® OSCILLOSTORE® OSCOP® PSS® (Симулятор системы энергоснабжения) PSS®E (PSS для проектирования) PSS®MUST (Управление и использование системы передачи PSS®NETOMAC® (Механизированное управление закрученности сети) PSS®ODMS (Система технического обслуживания операционной базы данных PSS®O (... для операций) PSS®SINCAL (Расчет сети Siemens) S7-300® S7-400® SENTRON® SICAM PAS (Power Automation System - система автоматизации электроэнер-SICARO® SIGRADE® (Классификация Siemens) SIHARBOR® SIMARIS® SIMATIC® SIMEAS® SIMEAS SAFIR® SIMOBREAKER® SIMOVER® SINCAL® SINVERT® SION® SIPLINK® (Многофункциональные силовые электрические связи Siemens) SIPROTEC® SIRIUS® SITRAM® SIVACON® SPECTRUM POWER® SURPASS® TAI© Technical Applications Integration© Totally Integrated Power™

WinCC®

Права на публикацию и авторские права © 2012: Siemens AG Сектор электроэнергии Freyeslebenstrasse 1 91058 Эрланген, Германия

Инфраструктура и городской сектор Wittelsbacherplatz 2 80333 Мюнхен, Германия

Загрузки: www.siemens.com/energy/peg

Положения настоящего руководства не подлежат применению на рынке США.

Для получения дополнительной информации, пожалуйста, свяжитесь с нашим Центром сервисной поддержки. Телефон: +49 180 524 70 00 Факс: +49 180 524 24 71 (Тарификация зависит от провайдера телефонной связи)

Электронная почта: support.energy@siemens.com.

40926 0812

Все права защищены. Торговые марки, упомянутые в данном документе, являются собственностью компании Siemens AG, ее филиалов или, соответственно, владельцев данных торговых марок. Подлежит изменению без предварительного уведомления. Информация в данном документе содержит общее описание технических вариантов продукта, которые имеются в наличии, и которые, возможно, не могут быть применены во всех случаях. По этой причине необходимые технические варианты должны быть определены в договоре.