





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 потенциал, 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 современных 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 (устройств, 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, потребляющих 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 экономическими 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 мощности 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 предназначенных 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 требованиями 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-

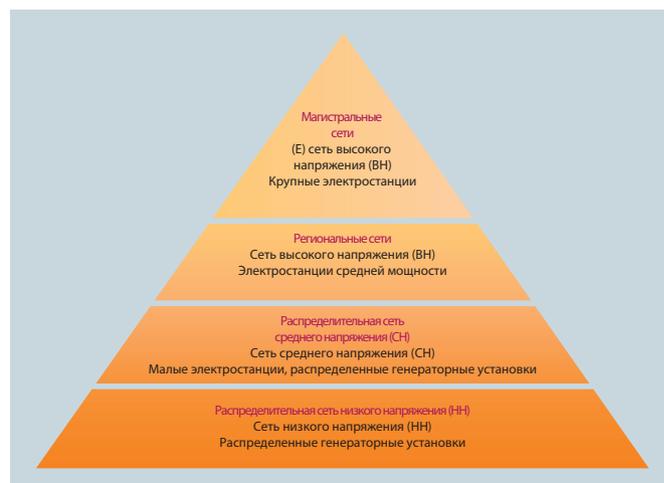


Рис. 9.1-1: Иерархическая структура систем электроснабжения

бители с особыми требованиями к качеству электроэнергии.

- Региональные сети 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 сложносвязанной 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 сложносвязанного 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 модернизации 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:

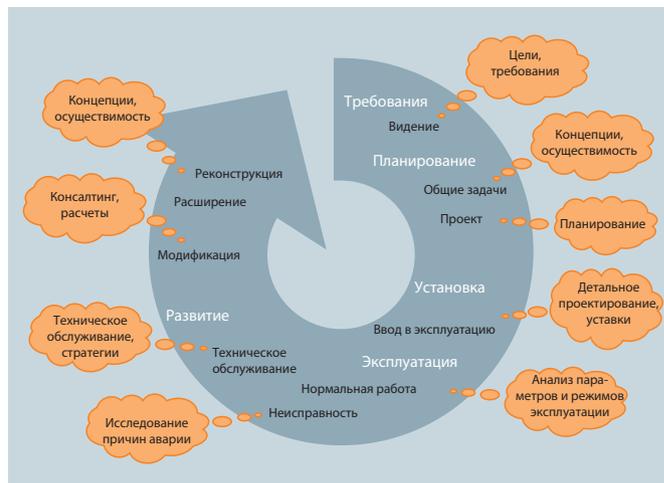


Рис. 9.2-1: Жизненный цикл проекта и задачи сетевого планирования

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 долгосрочных 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 основную 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.

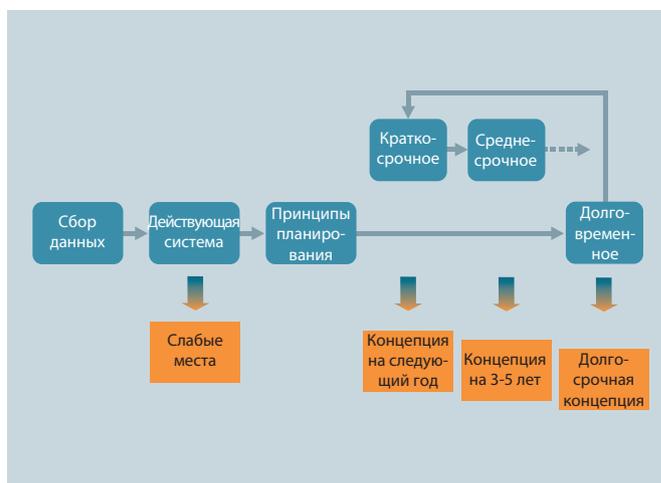


Рис. 9.2-2: Цикл стратегического планирования сети

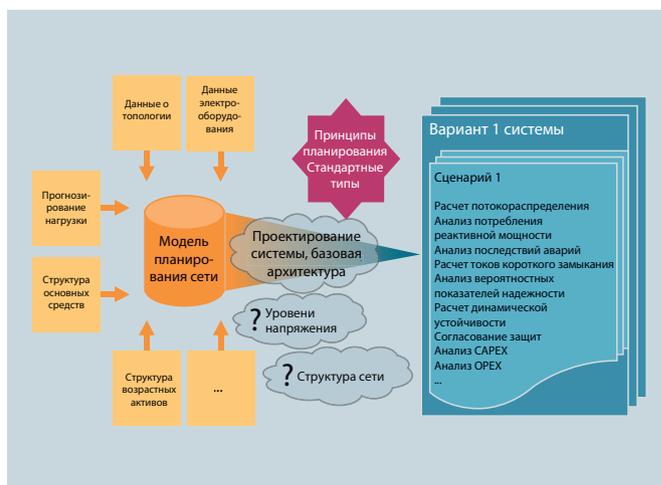


Рис. 9.2-3: Схематичный обзор процесса планирования сети

- 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 CAPEX (капиталовложений) и OPEX (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-

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 влияния 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 соответствующими 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 переклещению 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.

Возможности Siemens в области сетевого консалтинга

Siemens Power Technologies International (Siemens PTI), провайдер услуг сетевого консалтинга, программных решений и T&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 (AC), 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.

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 OPF
- 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, промышленных установках и консультационных фирмах по всему миру.

PSS®SINCAL предлагает современную программную технологию и полностью описанный набор аналитических методов 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 IT-окружение потребителя. Высокотехнологичные элементы автоматизации базируются на технологии COM-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

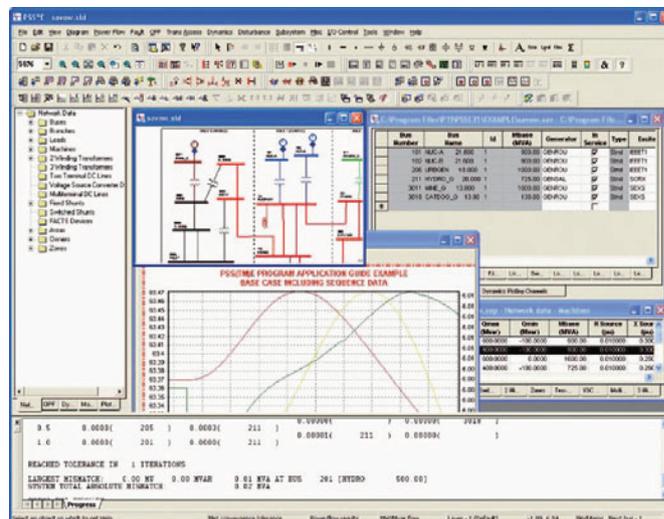


Рис. 9.3-1: PSS®E для задач планирования системы передачи электроэнергии

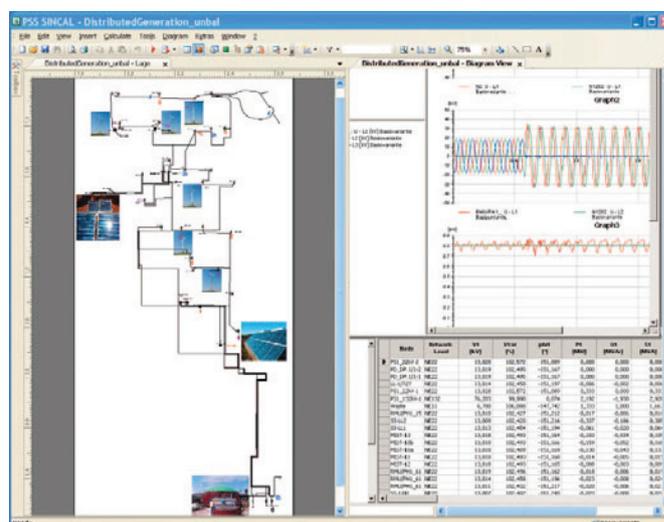


Рис. 9.3-2: PSS®SINCAL для задач планирования коммунальных и промышленных электросетей

- Стратегическое развитие сети
- Оптимизация и автоматическое 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 (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 экспорта 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.

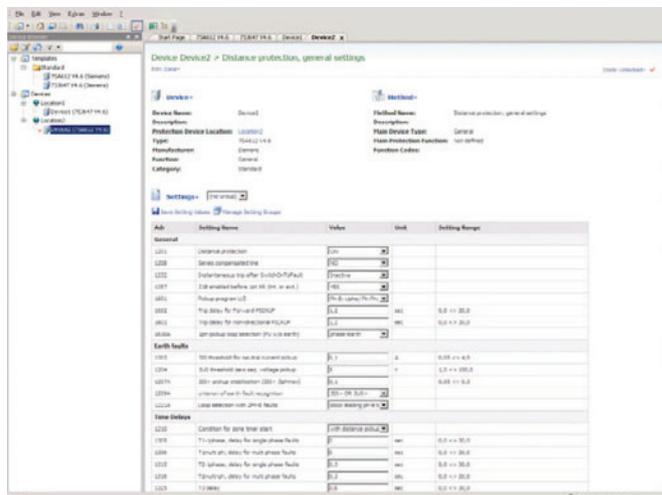


Рис. 9.3-3: Пользовательский интерфейс PSS®PDMS

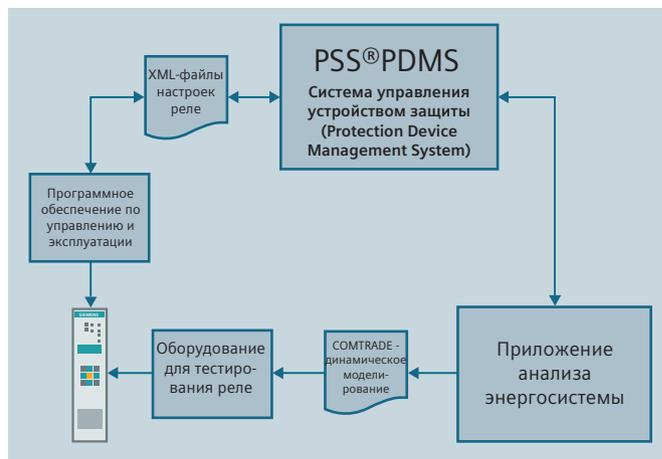


Рис. 9.3-4: Потоки данных защиты



Рис. 9.3-5: Результаты расчетов частотных и временных промежутков

В результате PSS®NETOMAC предлагает широкий спектр возможностей:

- Моделирование явлений электромагнитных и электромеханических переходных процессов за выбранный промежуток времени
- Управление симметричными/несимметричными 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.

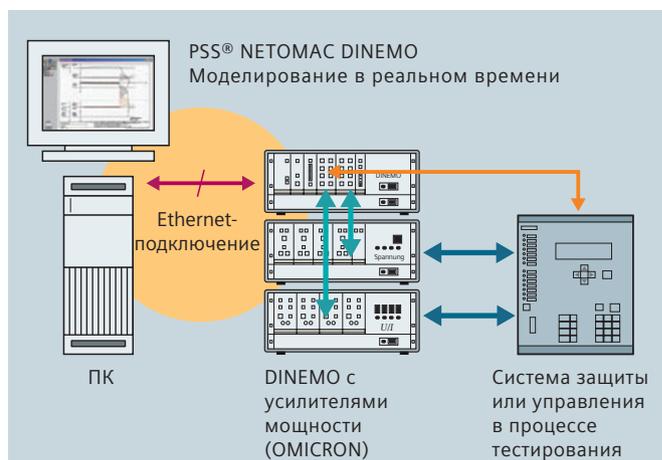


Рис. 9.3-6: Принцип устройства приложения DINEMO

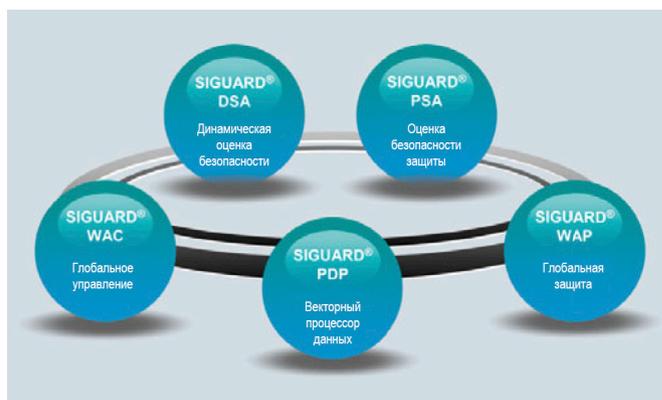


Рис. 9.3-7: Иллюстрация элементов единого ПО SIGUARD®Solutions

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,

- 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.

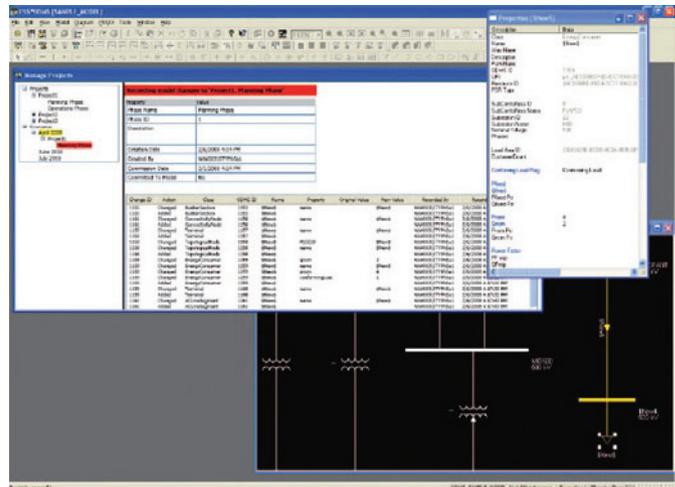


Рис. 9.3-8: PSS®ODMS - пакет управления данными и сетевыми приложениями

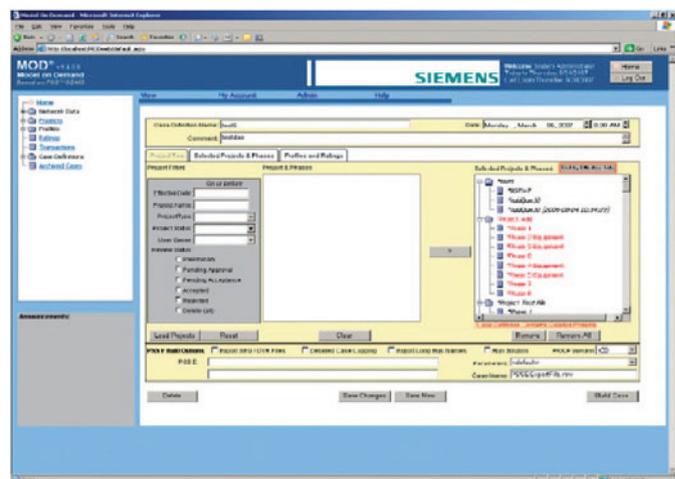


Рис. 9.3-9: Расширение MOD® для PSS®E

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 циклических перезапусков сценариев PSS®E, когда изменяется последовательность планирования.

MOD® доставляет PSS®E форматированные модели потоко-распределения 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.

MOD® 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 простаивающего оборудования.

- Предоставление неограниченного числа цифровых данных, приложенных в алфавитном порядке к экспортированному файлу.

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 (ТТ), динамического моделирования поведения ТТ и построение характеристик намагничивания (рис. 9.3-11). Отчеты готовятся автоматически. Оптимизация трансформаторов тока в соответствии с техническими требованиями и экономическими аспектами становится все более важной. CTDim 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 ТТ
- Динамическое моделирование кривых намагничивания
- Ввод данных ТТ в соответствии с МЭК, VDE, BS и ANSI-стандартами
- 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.

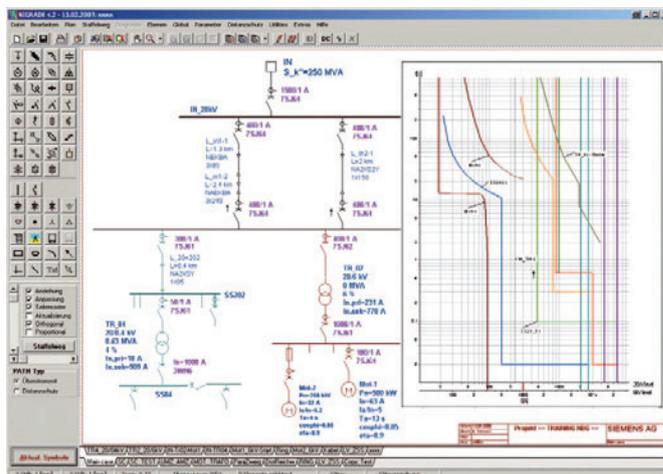


Рис. 9.3-10: SIGRADE для координации защиты от сверхтоков

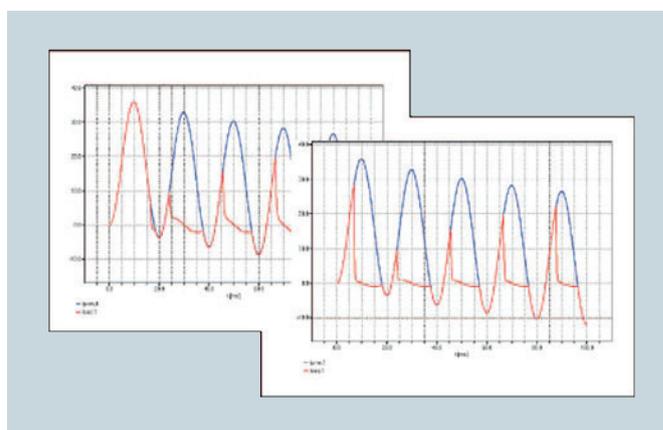


Рис. 9.3-11: CTDim для расчета трансформаторов тока



Рис. 9.3-12: PSS®MUST для анализа передаточной пропускной способности

