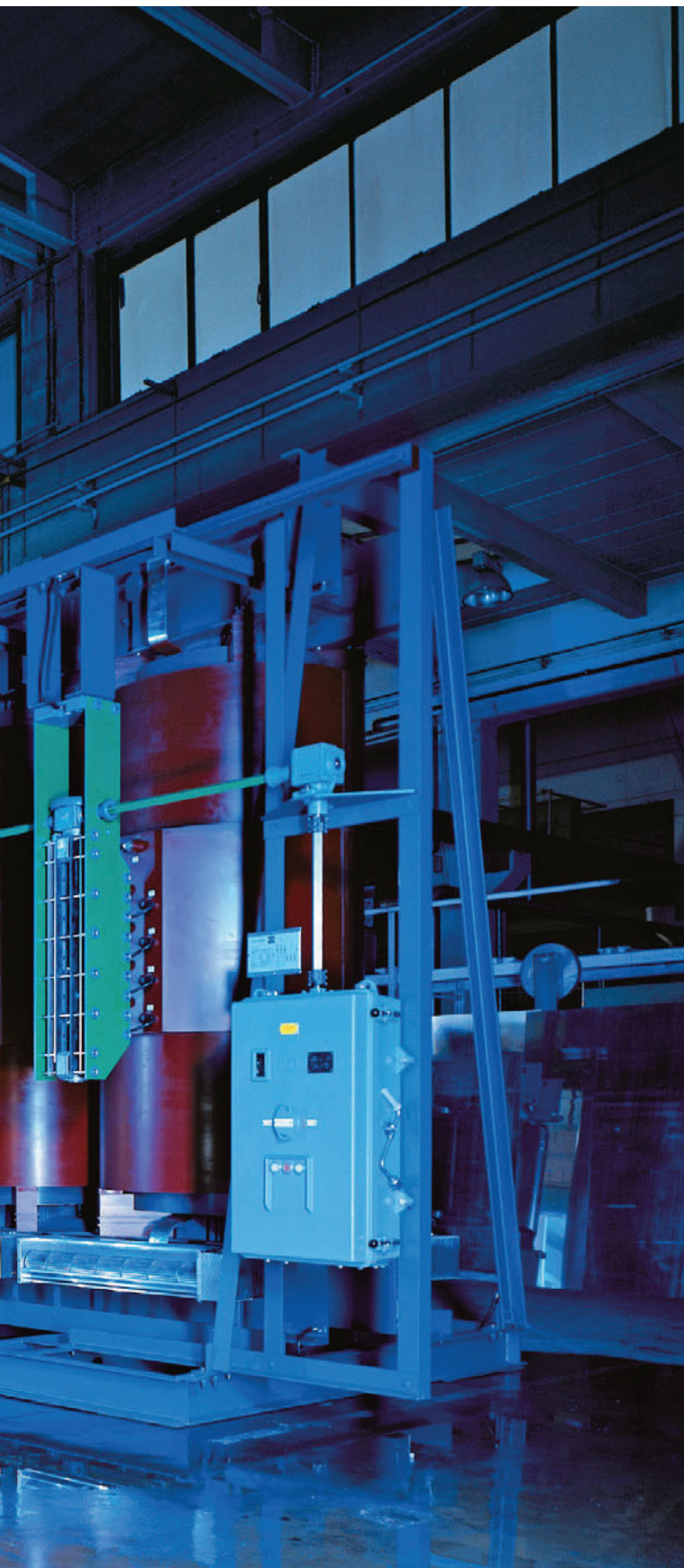






5.1	Введение	226
5.1.1	Обзор	226
5.2	Надежность и эффективность проекта	228
5.3	Оценка потерь трансформатора	230
5.4	Силовые трансформаторы	232
5.4.1	Трансформаторы большой мощности	232
5.4.3	Трансформаторы средней мощности	233
5.4.3	Трансформаторы малой мощности	233
5.5	Реакторы	234
5.6	Специальные 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 GEAFOF	241
5.9.4	Специальные трансформаторы GEAFOF	242
5.10	Тяговые трансформаторы	248
5.11	Управление жизненным циклом трансформатора	249

5 Трансформаторы

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

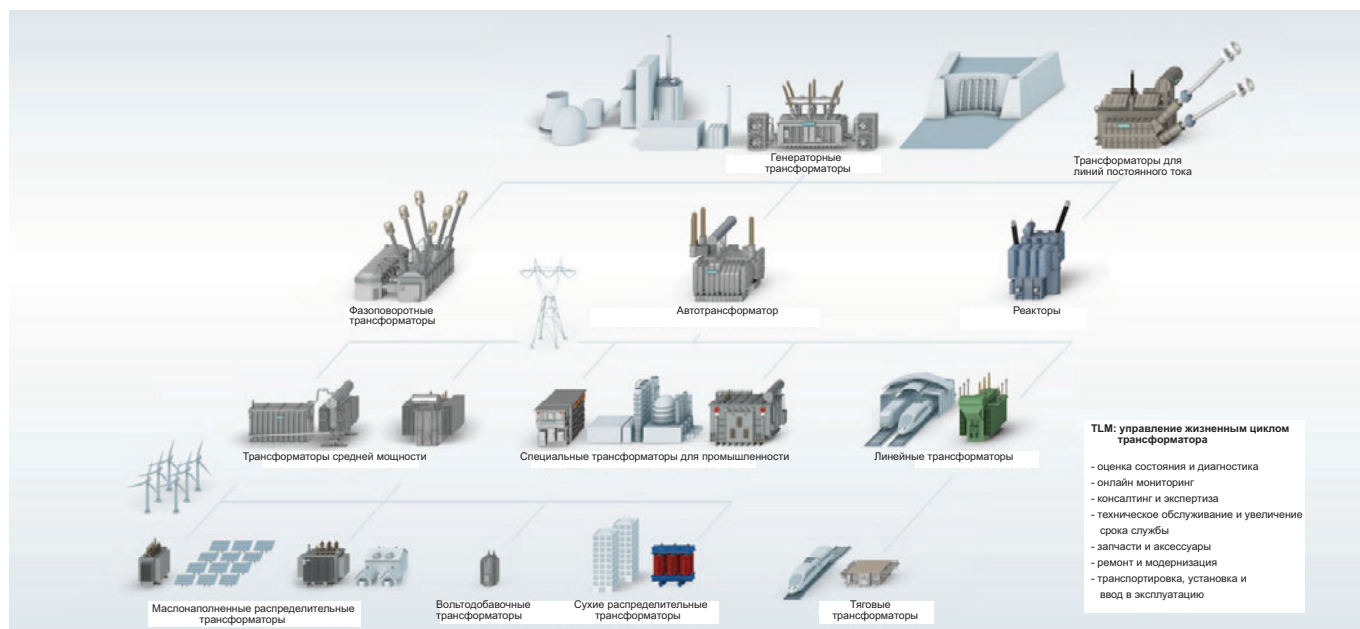


Рис. 5.1-1: Линейка трансформаторов Siemens

	Генераторные и силовые трансформаторы	От 2.5 MVA до 1000 MVA и более, до 1500 кВ (трансформаторы различной конструкции и назначения, с отдельными обмотками и автотрансформаторы), с устройствами регулирования под нагрузкой (РПН) или переключения без возбуждения (ПБВ), 3-фазного или 1-фазного исполнения.
	Фазоворотные трансформаторы	Управление активной мощностью методом смещения фаз
	Реакторы	Маслонаполненные шунтирующие и токоограничивающие реакторы до самых высоких мощностей, реакторы для систем передачи электроэнергии постоянным током высокого 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 GEAFOF	От 100 кВА до более 40 MVA, классом напряжения до 36 кВ, 3-фазного или 1-фазного исполнения, подстанции GEAFOF-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
	Тяговые трансформаторы	Трансформаторы, устанавливаемые на подвижном составе
	Управление жизненным 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 реализации стратегии качества:

- Потребительская интеграция
- Внедрение качества в процессах и проектах
- Постоянное взаимодействие и интеграция с поставщиками
- Бизнес-планирование, ориентированное на качество
- Ответности 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).

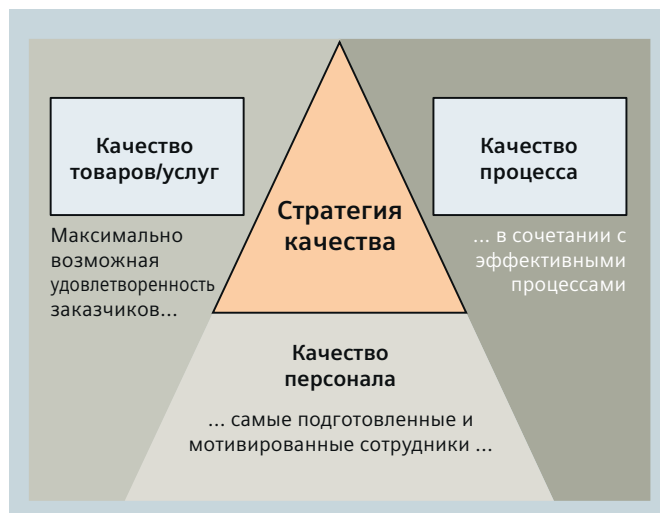


Рис. 5.2-1: Краеугольные камни стратегии качества

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 поддержка 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 текущие и будущие критические факторы на производстве рассматривались бы на этапе планирования. Это означает, что качество основано на стратегии, планировании производства, конкретных целях, количественных и качественных показателях.

Отчетность по качеству

Отчет основывается на:

- Ключевых производственных показателей, 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, которая может оказаться необходимой, должна быть определена на основе тщательного анализа существующего дефицита.

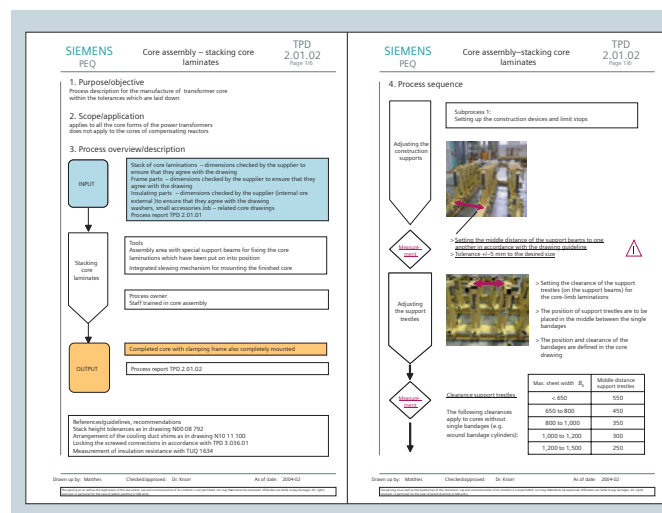


Рис. 5.2-2: Пример стандартизированной рабочей инструкции

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.

Е Т TR Статистика отказов в процессе эксплуатации 2000-2009 для силовых трансформаторов

Основано на ANSI C 57.117

	Е Т TR	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
FR (%)	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 заводы; ** Завод 14: 9 лет 2001 - 2009

N = Количество трансформаторов в эксплуатации
 SY = Количество лет эксплуатации.
 nF = Количество трансформаторов, вышедших из строя
 FR (%) = Коэффициент отказов = nF x 100/SY
 MTBF (лет) = Средняя наработка на отказ = 100/FR

FR < 0.5 %
 0.5 % < FR < 1.0 %
 0.5 % < FR < 1.0 %
 1.5 % < FR < 2.0 %
 FR > 2.0 %

отлично
 хорошее
 удовлетворительно
 приемлемо
 неприемлемо

Таблица 5.2-1: Статистика штатных отказов

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.

5

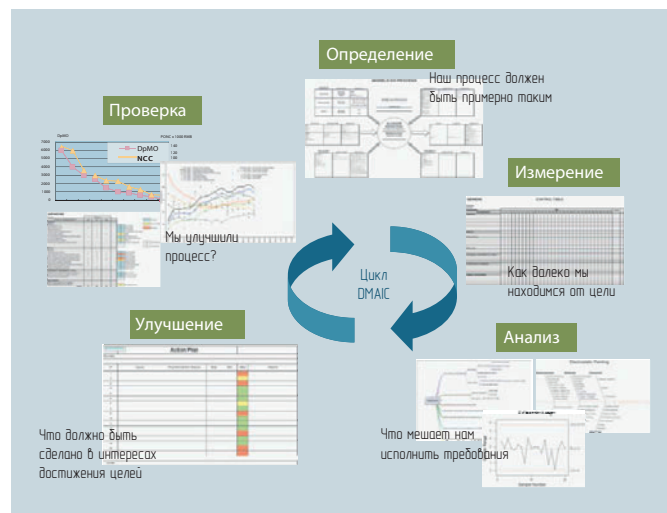


Рис. 5.2-3: Цикл DMAIC

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 (r) и периода амортизации (n)
- Стоимость потерь холостого хода (C_{p0}) основана на потерях холостого хода (P_0) и стоимости электроэнергии (C_e)
- Стоимость нагрузочных потерь (C_{pk}) основана на нагрузочных потерях (P_k), коэффициент годовой загрузки трансформатора (a) и тарифе на электроэнергию (C_e)
- Результирующая стоимость потребляемой энергии (C_d), 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.

Капитальные затраты

Капитальные затраты (CC), с учетом закупочной стоимости (C_p), процентная ставка (p) и периода амортизации (n)

$$C_c = C_p \cdot r / 100 \text{ [денежная ед./год]}$$

C_p = закупочная цена

$r = p \cdot qn / (qn - 1)$ = коэффициент амортизации

$q = p / 100 + 1$ = процентная ставка

p = процентная ставка, в % годовых

n = период амортизации, лет

Стоимость потерь холостого хода

основываясь на потери холостого хода P_0 , и тарифе на электроэнергию C_e

$$C_{p0} = C_e \cdot 8760 \text{ ч/год} \cdot P_0$$

C_e = тариф [денежная ед. / кВтч]

P_0 = потери холостого хода [кВт]

Стоимость нагрузочных потерь

основан на потерях короткого замыкания P_k , коэффициенте годовой загрузки трансформатора, и тарифе на электроэнергию C_e

$$C_{pk} = C_e \cdot 8760 \text{ ч/год} \cdot a^2 \cdot P_k$$

a = коэффициент загрузки трансформатора

P_k = потери короткого замыкания [кВт]

Результирующая стоимость потребляемой электроэнергии

основываясь на потерях холостого хода P_0 и тарифе на электроэнергию C_e

$$C_D = C_e (P_0 + P_k)$$

C_D = стоимость потребляемой электроэнергии [денежная ед. / (кВт · год)]

Рис. 5.3-1: Расчет индивидуальных затраты на эксплуатацию трансформатора за год

Пример: Распределительный трансформатор

Срок амортизации

Процентная ставка

Тариф на электроэнергию

Плата за обслуживание

Эквивалентный коэффициент

годовой нагрузки

$n = 20$ лет

$p = 12\%$ в год

$C_e = 0.25$ Евро / кВтч

$C_d = 350$ Евро / (кВт · год)

$a = 0.8$

Коэффициент амортизации $r = 13.39$

А. Трансформатор с низкой ценой

$P_0 = 19$ кВт потери холостого хода

$P_k = 167$ кВт нагрузочные потери

$C_p = 521\,000$ Евро - закупочная стоимость

$$C_c = \frac{521\,000 \cdot 13.39}{100} = 69\,762 \text{ Евро/год}$$

$$C_{p0} = 0.2 \cdot 8\,760 \cdot 19 = 33\,288 \text{ Евро/год}$$

$$C_{pk} = 0.2 \cdot 8\,760 \cdot 0.64 \cdot 167 = 18\,725 \text{ Евро/год}$$

$$C_D = 350 \cdot (19 + 167) = 78\,332 \text{ Евро/год}$$

Общая стоимость владения и эксплуатации трансформатора в данном случае:

$$355\,404 \text{ Евро/год}$$

В. Трансформатор с низкими потерями

$P_0 = 16$ кВт потери холостого хода

$P_k = 124$ кВт нагрузочные потери

$C_p = 585\,000$ Евро - закупочная стоимость

$$C_c = \frac{585\,000 \cdot 13.39}{100} = 78\,332 \text{ Евро/год}$$

$$C_{p0} = 0.2 \cdot 8\,760 \cdot 16 = 28\,032 \text{ Евро/год}$$

$$C_{pk} = 0.2 \cdot 8\,760 \cdot 0.64 \cdot 124 = 78\,332 \text{ Евро/год}$$

$$C_D = 350 \cdot (16 + 124) = 78\,332 \text{ Евро/год}$$

Общая стоимость использования и эксплуатации трансформатора в данном случае:

$$294\,403 \text{ Евро/год}$$

Экономия электроэнергии на оптимизированном распределительном трансформаторе около 61 000 евро в год, можно окупить цену трансформатора менее чем за год.

Рис. 5.3-2: Пример для экономии с оптимизированным распределительным трансформатором

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/Д.

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 уровнями напряжения для передачи между системами как активной, так и реактивной мощности.

Основные технические данные

- Тип
- Установка - внутренняя/наружная
- Максимальная температура окружающего воздуха
- Номинальная частота f
- Группа соединения обмоток
- Номинальная мощность S
- Номинальное первичное напряжение $U_{н_ВН}$
- Диапазон регулирования/количество ступеней
- Регулирование напряжения
- Номинальное вторичное напряжение $U_{н_НН}$
- Сопротивление u_k к S , и U_i
- Максимальный уровень звуковой мощности L_{WA}
- Уровень изоляции - ВН-ф - $U_m/AC/LI$
- Уровень изоляции - ВН-н - $U_m/AC/LI$
- Уровень изоляции - НН-ф - $U_m/AC/LI$
- 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 диапазоне 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

- Количество 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 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/наружная
- Максимальная температура окружающего воздуха
- Номинальная частота f
- Группа соединения обмоток
- Номинальная мощность S
- Номинальное первичное напряжение $U_{н_ВН}$
- Диапазон регулирования/количество ступеней
- Регулирование напряжения
- Номинальное вторичное напряжение $U_{н_НН}$
- Сопротивление u_k к S_r и U_r
- Максимальный уровень звуковой мощности L_{WA}
- Уровень изоляции - ВН-ф – $U_m/AC/LI$
- Уровень изоляции - ВН-н – $U_m/AC/LI$
- Уровень изоляции - НН-ф – $U_m/AC/LI$
- 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 масляных 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 изготовлены с возможностью регулировки. Это предоставляет возможность для точной настройки напряжения, а также уменьшение кол-ва высоковольтного оборудования путем замены нескольких нерегулируемых 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 конструкция 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 уровня 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 непрямо 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 циклического изменения нагрузки.

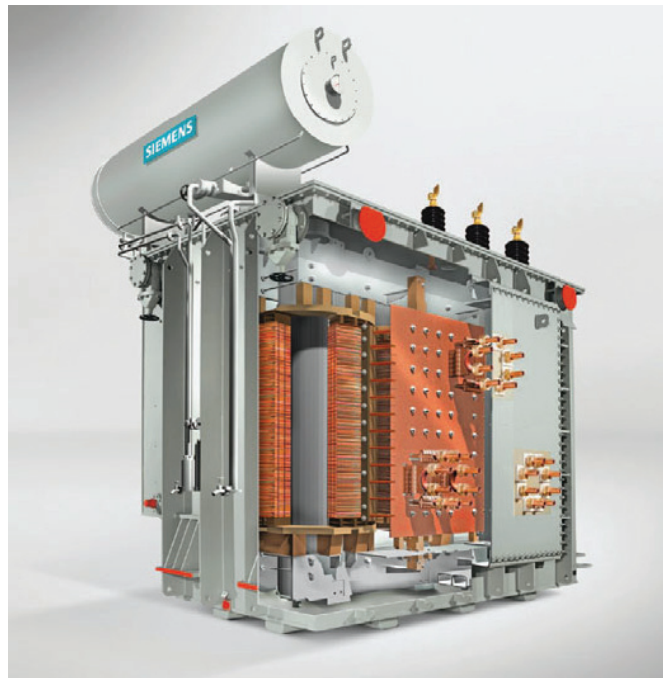


Рис. 5.6-1: Электродуговые трансформаторы

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 фильтр
- 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 выполняются двухуровневыми, 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 фильтр
- 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 быть 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 МВА 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. Особенно для работы с отставанием фазы, требования перегрузки могут существенно повлиять на стоимость фазоповоротного трансформатора.



Рис. 5.7-1: Фазоповоротный трансформатор

- Эксплуатация фазоповоротного трансформатора
Работа с другими фазоповоротными трансформаторами параллельно или последовательно.
- Исполнение в одном корпусе или в вдвоенном варианте
В большинстве случаев при исполнении трансформатора со вдвоенным сердечником требуется вдвоенный корпус.
- Симметричный или несимметричный 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 кабелям 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 транспортировки 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 вентилях необходимы специальные высоковольтные вводы для подключения к верхнему и нижнему выводу обмоток каждой системы с внешней стороны. Для систем «звезда» 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 проектировании 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

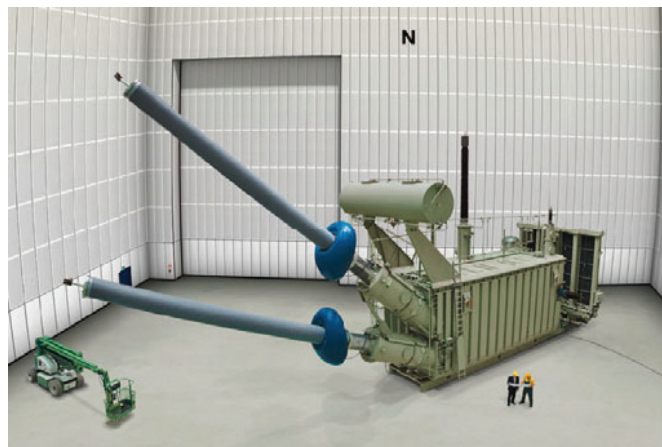


Рис. 5.8-1: Преобразовательный трансформатор СВНПТ (сверхвысокое напряжение постоянного тока) для двухполюсной системы передачи ± 800 кВ постоянного тока 6400 МВт; 2071 км: однофазный; 550 кВ переменного тока, 816 кВ постоянного тока; 321 МВА; высокоимпульсная система питания со схемой соединения «звезда»



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)

- **Спектр гармоник** 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 высоту трансформатора
- **Смещение постоянного тока** в нагрузке и токе и нейтрале трансформатора должны быть рассмотрены для уменьшения помех и потерь на холостом ходу
- **Производная тока нагрузки** (di/dt) ключевой параметр для устройства РПН
- **Перегрузочная способность** должна быть рассмотрена для контура охлаждения и выбора мощности охладителя
- **Диапазон регулирования** 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 масляные трансформаторы могут выполняться 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, 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 ($\leq 2\,500$ кВА, $U_n \leq 36$ кВ)
 - Распределительные трансформаторы средней мощности ($> 2\,500 \leq 6\,300$ кВА, $U_n \leq 36$ кВ)
 - Распределительный трансформатор большой мощности ($> 6.3 - 30.0$ МВА, $U_n \leq 72.5$ 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 для заземления)
 - Экологическая направленность: сердечник из аморфного сплава со сниженными потерями холостого хода, специальной 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 электростанциях, 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 отпайек, 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 $\pm 10\%$ с 32 ступенями по 0.625% каждая. В некоторых моделях регуляторов напряжения возможна регулировка от ± 1 до 5% и $\pm 20\%$.

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 Гц и с повышением температуры до 55 °C или 65 °C, 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 (MOV) 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 °C, 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

Эксплуатация 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 напряжения, JFR

5.9.3 Трансформаторы с изоляцией из литого компаунда на основе эпоксидной смолы GEAFOLE

Трансформаторы GEAFOLE 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 GEAFOLE мощностью от 100 до примерно 50 000 кВА и импульсным значением перенапряжения до 250 кВ полноценно заменяют масляные 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 масляным трансформаторам. Они предназначены для таких случаев, как необходимость отбора проб масла, противопожарные стены, противопожарное оборудование. Для использования вне помещений, возможны специально предназначенные шкафового исполнения корпуса из листового металла.

Трансформаторы GEAFOLE устанавливаются везде, где масляные трансформаторы не могут использоваться или где использование масляных 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 шкафового 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 GEAFOLE защищены от номинальных импульсных перенапряжений. Уровни помех сравнимы с масляными трансформаторами. Принимая во внимание косвенное сокращение расходов, они также в основном экономически конкурентоспособны. В силу своей конструкции трансформаторы GEAFOLE практически не требуют обслуживания.

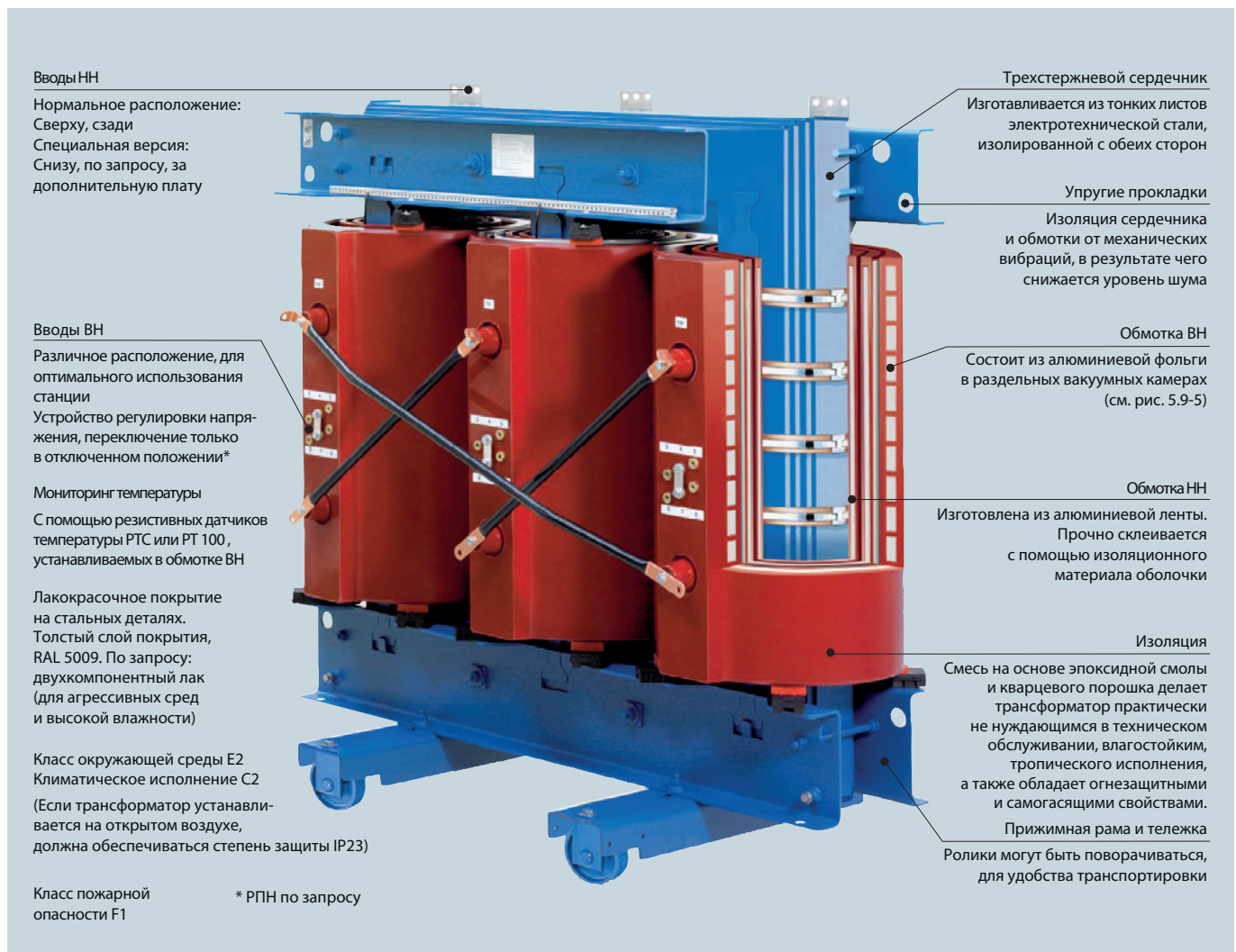


Рис. 5.9-4: Свойства сухого трансформатора GEAFOLE

Стандарты и инструкции

Сухие трансформаторы GEAFOLE на основе литевой смолы соответствуют МЭК 60076-11, EN 60076-11 и EN 50541-1.

Характеристики (рис. 5.9-4):

Обмотка ВН

Обмотки ВН наматываются из алюминиевой 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 смешанных эпоксидных смол. Только подключение к внешним вводам выполнено в виде отлитых латунных гаек, 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 межслойное 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 алюминиевых 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 алюминиевым полотнам и подключают алюминиевой или медной полосой ко вторичным цепям.

Пожарная безопасность

Для изготовления трансформаторов GEAFOLE используются только огнезащитные и самозатухающие материалы. Дополнительные вещества, такие как оксид тригидрата алюминия, которые могут негативно повлиять на стабильность механических свойств формовочного материала из литевой смолы, не используются. Внутренние дуги от электрических повреждений и воздействия внешнего пламени не вызывают горения или взрыва трансформатора. После удаления источника воспламенения, трансформатор затухает сам. Конструкция трансформатора одобрена пожарными инстанциями во многих странах для установки в жилых зданиях и других сооружениях. Экологической безопасности продуктов сгорания была доказана в многочисленных испытаниях (рис. в 5.9-6).

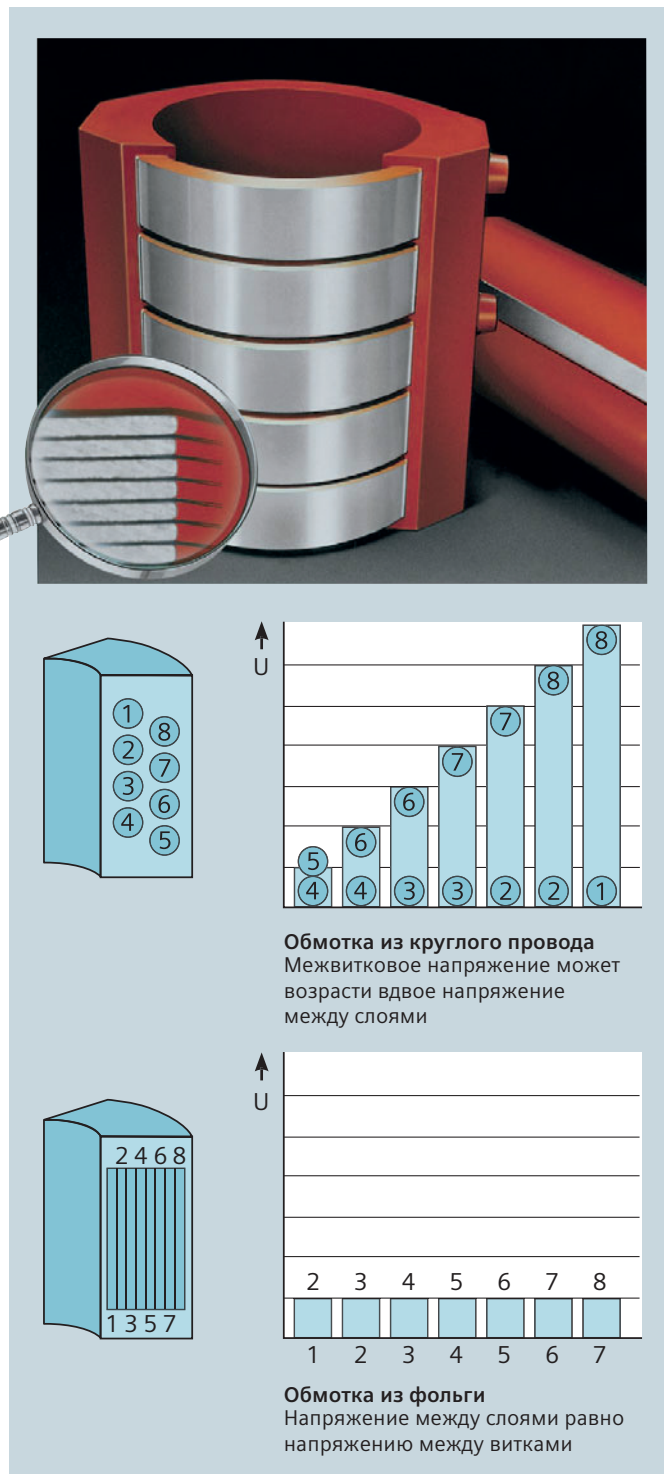


Рис. 5.9-5: Высоковольтная герметизированная конструкция обмотки трансформатора из литевой смолы. Напряжение между слоями обычных круглых проводов (вверху) и обмотка из фольги (внизу)

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 GEAFOF из литевой смолы соответствуют высоким установленным требованиям класса защиты:

- Категории экологичности E2 (опционально для GEAFOF-BASIC)
- Категория климата C2
- Категория 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 GEAFOF могут быть постоянно перегружены до 50% (при соответствующем росте сопротивления напряжению и потерь под нагрузкой), если установить дополнительные радиальные вентиляторы (размеры могут увеличиться 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 GEAFOF 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 прикреплена к внутренней стороне крышки клеммной коробки.



Рис. 5.9-6: Испытания воспламеняемости трансформатора из литевой смолы

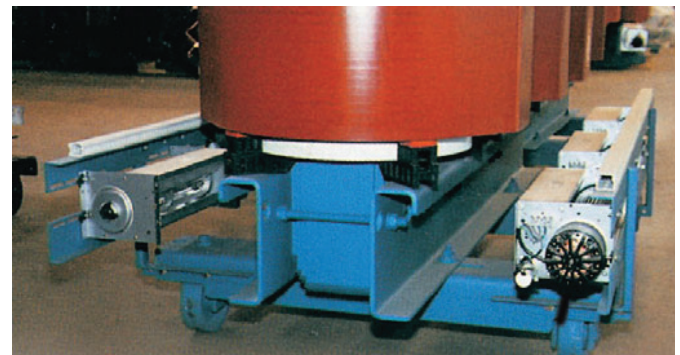


Рис. 5.9-7: Радиальные вентиляторы охлаждения трансформатора GEAFOF для принудительного охлаждения

UN (кВ)	LI (кВ)	AC (кВ)
1.1	-	3
12	75	28
24	95*	50
36	145*	70

* другие уровни по запросу

Таблица 5.9-1: Стандартные уровни изоляции GEAFOF

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 РЕНЛА (рис. 5.9-9).

Рентабельная переработка

Истекает срок службы старых трансформаторов GEAFOLE, 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 GEAFOLE, 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.

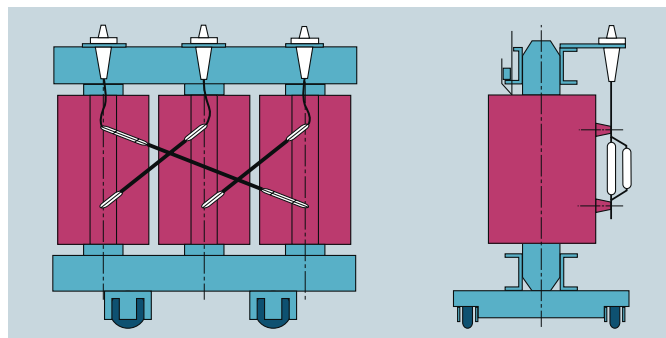


Рис. 5.9-8: Трансформатор GEAFOLE с разъемным кабельным подключением



Рис. 5.9-9: Трансформатор GEAFOLE в защитном корпусе IP20/40

GEAFOLE Basic - это настоящий GEAFOLE или больше

GEAFOLE Basic основан на технологии GEAFOLE, которая проверена в течение более 45 лет и отвечает требованиям качества, но GEAFOLE предлагает многочисленные инновационные решения, что позволяет Siemens предоставлять ему несколько специальных характеристик. Например, распределительный трансформатор GEAFOLE Basic с максимальной номинальной мощностью 3.15 МВА и максимальным средним напряжением до 36 кВ весит почти на десять процентов легче, чем сопоставимые модели от проверенной серии GEAFOLE. 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 GEAFOLE Basic соответствуют требованиям МЭК 60076-11, EN 60076-11 и EN 50541-1. Они отвечают самым высоким требованиям безопасности установки в жилых и производственных сооружениях с климатическим классом C2, класса экологичности E2 (стандартная модель соответствует E1; E2 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 эксплуатационная надежность.

Оптимальный компромисс

Распределительный трансформатор GEAFOLE 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 GEAFOLE Basic могут быть использованы практически в любой среде.



Новый дизайн для вашего успеха - надежные, компактные GEAFOL Basic

5

- 1 Трехстержневой сердечник**
Изготавливается из тонких листов электротехнической стали изолированной с обеих сторон с наименьшими потерями
- 2 Обмотка НН**
Изготовлена из алюминиевой полосы; постоянно скреплен с изоляционной оболочкой
- 3 Обмотка ВН**
Изготовлена в виде индивидуальных катушек из алюминия с использованием технологии фольгирования и вакуумного литья
- 4 Вводы НН (сверху)**
- 5 Подъемные проушины**
Интегрированы в верхнюю рамку сердечника для простоты транспортировки

- 6 Переемы 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 изготавливается из эпоксидной смолы/смеси кварцевого порошка**
Делает трансформатор малообслуживаемым, влагостойким и подходящим для тропиков, огнестойким и самогасящимся
- 9 Отпайки стороны ВН $\pm 2 \times 2.5 \%$**
(со стороны вводов ВН) для адаптации 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 компонентов
Для примера, обмотки могут собраны отдельно и заменяться на месте

5.9.4 Специальные трансформаторы GEAFOLE

GEAFOLE 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 GEAFOLE (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 GEAFOLE. 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 маслonaполненные 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 многообмоточных системах (например, 12-импульсная система)
- Стойкость к перегрузке
- Типы для 12-импульсных систем, если это необходимо

Siemens поставляет маслonaполненные 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.

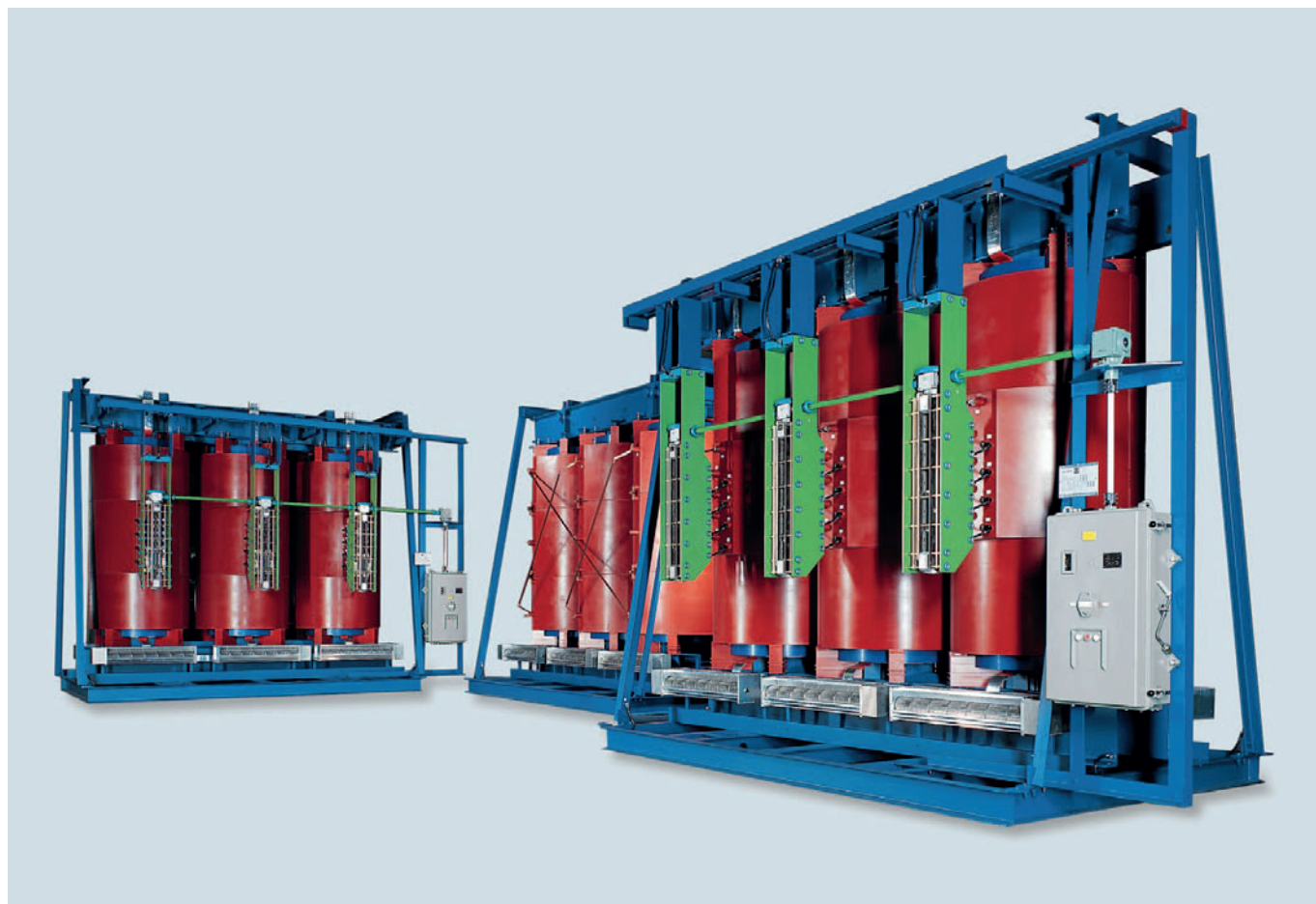


Рис. 5.9-10: 16/22-МВА трансформаторы GEAFOLE с сухим РПН

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 другие группы соединений обмоток.

Трансформаторы в нейтрали могут быть произведены компанией Siemens во всех распространенных диапазонах мощностей, маслonaполненными и с изоляцией из литой смолы.

Трансформаторы для питания заводов по производству полукристаллического кремния

Это специальные трансформаторы, которые являются важной частью заводов по производству полукристаллического 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 GEAFOI 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 GEAFOI с изоляцией из литой смолы 10кВ/Dd0Dy11



Рис. 5.9-12: 4771 кВА преобразовательный трансформатор GEAFOI с 5 вторичными обмотками со ступенями регулирования 10/0.33-2.4кВ

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 16½ до 60 Гц
- Напряжения: 1.5 кВ DC, 3 кВ DC, 15 кВ, 25 кВ, 11.5 кВ или другие специфичные решения
- Вес: < 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

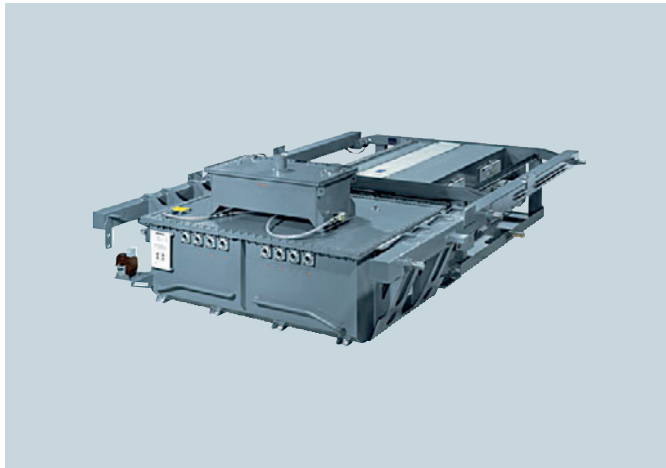


Рис. 5.10-1: Тяговый трансформатор для высокоскоростных поездов

- 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 отдельная 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	Электровозы для ÖBB 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 AC 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
		

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 имеющихся 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 комплексных трансформаторных 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 требованиям 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

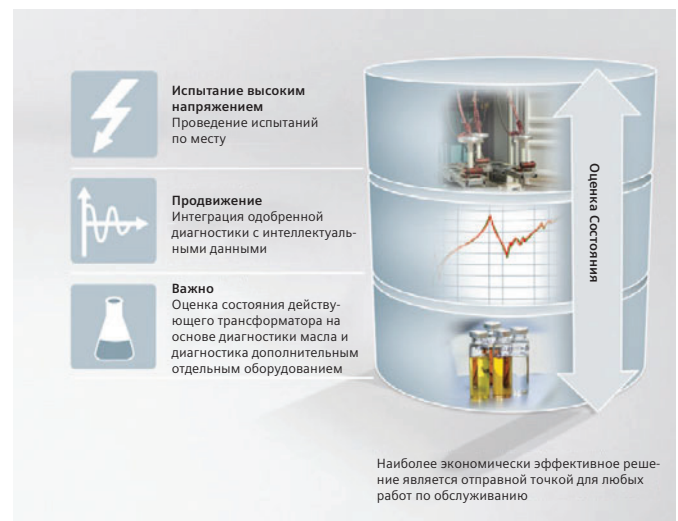


Рис. 5.11-2: SITRAM® DIAG представляет диагностические модули для отдельных трансформаторов, а также для комплексной оценки парка трансформаторов

Дополнительные отдельные модули

- PD (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 отключении 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 обуславливает 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 вариантах дизайна. Управление жизненным 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 TLM 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 (рис. 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 колонны 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

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 TLM™ - 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™ 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, а 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

