Некоммерческое Партнерство «Инновации в электроэнергетике»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 70238424.29.240.10.011-2011

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И ВСТАВКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА УСЛОВИЯ СОЗДАНИЯ НОРМЫ И ТРЕБОВАНИЯ

Дата введения – 2011-06-30

Издание официальное

Москва
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.5-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные в Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-технический центр электроэнергетики» (ОАО «НТЦ электроэнергетики»)

2 ВНЕСЕН Комиссией по техническому регулированию НП «ИНВЭЛ»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом НП «ИНВЭЛ» от 02.06.2011 № 54

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© НП «ИНВЭЛ», 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения НП «ИНВЭЛ»

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 5
4 Общие положения 7
5 Требования к основному оборудованию высоковольтной преобразовательной подстанции (ВПП) 9
6 Требования к технологическому и вспомогательному оборудованию высоковольтной преобразовательной подстанции 23
7 Защита от воздействия электрических и магнитных полей 24
8 Требования безопасности и охраны окружающей среды 25
9 Приемка в эксплуатацию 26
10 Ввод в эксплуатацию 27
11 Оценка и подтверждение соответствия 28
12 Гарантии 28
13 Требования к технической и сопроводительной документации 29
Приложение А (справочное) Типичные электрические схемы высоковольтных преобразовательных подстанций 30
БИБЛИОГРАФИЯ 33

Введение

Целью разработки настоящего стандарта организации «Преобразовательные подстанции и вставки постоянного тока. Условия создания. Нормы и требования» является создание единой нормативной базы, регламентирующей основополагающие требования к разработке и созданию преобразовательных подстанций и вставок постоянного тока на территории Российской Федерации, обеспечивающие решение следующих основных задач:

- обеспечение создания преобразовательных подстанций с использованием последних достижений науки и техники;
- обеспечение высокой надежности работы преобразовательных подстанций;
- обеспечение совместимости преобразовательных подстанций и вставок постоянного тока с примыкающими энергосистемами в статических и динамических режимах работы.

Стандарт подлежит пересмотру в случаях ввода в действие новых технических регламентов и национальных стандартов, содержащих неучтенные в настоящем Стандарте требования, а также при необходимости введения новых требований и рекомендаций, обусловленных развитием техники и ввода в промышленную эксплуатацию новых видов преобразовательных подстанций и вставок.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Преобразовательные подстанции и вставки постоянного тока
Условия создания
Нормы и требования

Дата введения – 2011-06-30

1 Область применения

Настоящий стандарт:

- устанавливает нормы и требования к условиям создания преобразовательных подстанций и вставок постоянного тока, предназначенных для работы в электроэнергетических системах классов напряжений по ГОСТ 721 от 110 до 750 кВ;
- распространяется на вновь разрабатываемые и подлежащие техническому перевооружению и реконструкции преобразовательные подстанции и вставки постоянного тока классов напряжений от 110 до 750 кВ, предназначенные для преобразования переменного тока в постоянный и/или обратно, позволяющие обеспечивать следующие системные функции:

а) осуществление межсистемной связи, включая управление перетоками активной мощности (между двумя энергосистемами или двумя частями одной энергосистемы, работающими с разной частотой и уровнями напряжения);

б) поддержание заданных уровней напряжения по обе стороны несинхронной связи;

в) управление динамикой сетевого напряжения в примыкающих энергосистемах при резких (скачкообразных) изменениях (снижениях или возрастаниях) нагрузки;

г) дополнительно управление перетоком реактивной мощности в примыкающих энергосистемах (при наличии на сетевых шинах устройств компенсации реактивной мощности);

- не распространяется на:

а) промышленные преобразовательные подстанции (например для электролиза или электрических печей);

б) подстанции, преобразователи которых работают с принудительной коммутацией.

- предназначен для применения научно-исследовательскими, проектными, электросетевыми, эксплуатационными и ремонтными организациями и компаниями независимо от организационно правовой формы и собственности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные и правовые документы и стандарты:

Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»

Федеральный закон Российской Федерации от 07.02.1992 № 2300-1 «О защите прав потребителей»

Постановление Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме»

ГОСТ 12.1.002-84 Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ 12.2.007.0-75 Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.007.2-75 Трансформаторы силовые и реакторы электрические. Требования безопасности.

ГОСТ 12.2.024-87 Система стандартов безопасности труда. Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля

ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)

ГОСТ 1516.1-76 Электрооборудование переменного тока на напряжение от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции

ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции

ГОСТ 15150-69 Машины приборы и другие технические изделия, исполненные для различных климатических районов, категория, условия эксплуатации, хранения, транспортировки в части воздействия климатических факторов среды

ГОСТ 15543-70 Изделия электротехнические. Исполнение для различных климатических районов. Общие технические требования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 16772-77 Трансформаторы и реакторы преобразовательные. Общие технические условия (с Изменениями № 1,2)

ГОСТ Р ИСО/МЭК 17050-1-2009 Оценка соответствия. Декларация поставщика о соответствии. Часть 1. Общие требования

ГОСТ Р ИСО/МЭК 17050-2 -2009 Оценка соответствия. Декларация поставщика о соответствии. Часть 2. Подтверждающая документация

ГОСТ 17516-72 Изделия электротехнические. Условия эксплуатации в части воздействия механических факторов внешней среды

ГОСТ 1983-2001 Трансформаторы напряжения. Общие технические условия

ГОСТ 23216-78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, консервация, упаковка. Общие требования и методы испытания.

ГОСТ Р 50648-94 Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты

ГОСТ Р 50649-94 Устойчивость к импульсному магнитному полю

ГОСТ Р 50652-94 Устойчивость к затухающему колебательному магнитному полю

ГОСТ 51317.4.1-2000 Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Виды испытаний

ГОСТ Р 51317.4.2-99 Устойчивость к электростатическим разрядам

ГОСТ Р 51317.4.3-99 Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю

ГОСТ Р 51317.4.4-99 Устойчивость к наносекундным импульсным помехам

ГОСТ Р 51317.4.5-99 Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии

ГОСТ Р 51317.4.6-99 Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями

ГОСТ Р 51317.4.12-99 Устойчивость к колебательным затухающим помехам

ГОСТ Р 53603-2009 Оценка соответствия. Схемы сертификации продукции в Российской Федерации

ГОСТ Р 54008-2010 Оценка соответствия. Схемы декларирования соответствия

ГОСТ Р 54009-2010 Оценка соответствия. Применение знаков, указывающих о соответствии

ГОСТ Р 54426-2011 Руководство по проверке и обработке элегаза (SF6), взятого из электрооборудования, и технические требования к его повторному использованию

ГОСТ 721-77 Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения свыше 1000 В.

ГОСТ 7746- 2001 Трансформаторы тока, Общие технические условия

СТО 70238424.27.010.001-2008 Электроэнергетика. Термины и определения

СТО 70238424.17.220.20.001-2011 Измерительные трансформаторы. Условия поставки. Нормы и требования

СТО 70238424.17.220.20.003-2011 Автоматизированные информационно-измерительные системы учета электроэнергии (АИИС УЭ). Условия создания. Нормы и требования

СТО 70238424.17.220.20.007-2009 Системы и устройства диагностики состояния оборудования подстанций и ЛЭП. Условия создания. Нормы и требования

СТО 70238424.27.100.052-2009 Энергетические масла и маслохозяйства электрических станций и сетей. Условия поставки. Нормы и требования

СТО 70238424.27.100.051-2009 Маслохозяйство электрических станций и сетей. Условия создания. Нормы и требования

СТО 70238424.29.130.01.001-2011 Коммутационное оборудование электрических станций и сетей. Условия поставки. Нормы и требования

СТО 70238424.29.220.20.002-2009 Аккумуляторные установки электрических станций. Условия поставки. Нормы и требования

СТО 70238424.29.180.001-2011 Силовые трансформаторы (автотрансформаторы) и реакторы. Условия поставки. Нормы и требования

СТО 70238424.29.240.10.001-2011 Распределительные устройства электрических станций и подстанций напряжением 35 кВ и выше. Условия создания. Нормы и требования.

СТО 70238424.29.240.10.003-2011 Подстанции напряжением 35 кВ и выше. Условия создания. Нормы и требования

СТО 70238424.29.240.10.004-2011 Подстанции напряжением 35 кВ и выше. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 70238424.29.240.10.005-2011 Комплектные распределительные устройства элегазовые (КРУЭ). Условия поставки. Нормы и требования

СТО 70238424.29.240.10.013-2009 Системы собственных нужд подстанций. Условия создания. Нормы и требования

СТО 70238424.29.240.99.001-2011 Конденсаторные установки. Условия поставки. Нормы и требования

СТО 70238424.29.240.99.003-2011 Управляемые устройства компенсации реактивной мощности, регулирования напряжения и перетоков мощности. Условия создания. Нормы и требования

СТО 70238424.29.240.99.005-2011 Устройства защиты от перенапряжений электрических станций и сетей. Условия поставки. Нормы и требования

СТО 70238424.29.240.10.012-2011 Преобразовательные подстанции и вставки постоянного тока. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 70238424.17.220.20.005-2011 Системы связи для сбора и передачи информации в электроэнергетике. Условия создания. Нормы и требования

СТО 56947007-29.240.037-2010 Экологическая безопасность электросетевых объектов. Требования при проектировании

СТО 56947007-29.240.038-2010 Экологическая безопасность электросетевых объектов. Требования при сооружении

СТО 56947007-29.240.040-2010 Экологическая безопасность электросетевых объектов. Требования при реконструкции и ликвидации.

СТО 56947007-29.240.55.016-2008 Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ

СТО 56947007-29.240.10.028-2009 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС).

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины и определения в соответствии с СТО 70238424.27.010.001-2008, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **вода деионизованная:** Дистиллированная вода, глубоко обессоленная ионным обменом.

3.1.2 **схема биполярная:** Электрическая схема высоковольтной преобразовательной подстанции, содержащая два полюса постоянного тока различной полярности по отношению к земле;

3.1.3 **оборудование коммутационное:** Оборудование распределительных устройств электрических подстанций и сетей, предназначенное для изменения схемы первичных соединений;

3.1.4 **батарея конденсаторная:** Электроустановка, состоящая из последовательно или параллельно или последовательно-параллельно соединенных конденсаторов;

3.1.5 **схема монополярная:** Электрическая схема высоковольтной преобразовательной подстанции, один полюс постоянного тока которой имеет полярность напряжения $+U_d$ (или $-U_d$), а второй полюс постоянного тока заземлен;

3.1.6 **ток номинальный**: Величина тока при допустимых параметрах окружающей среды без ограничения времени в течение срока службы оборудования;

3.1.7 **ограничитель перенапряжений:** Устройство, ограничивающее мгновенное напряжение на защищаемом объекте;

3.1.8 **мост преобразовательный:** Электроустановка, состоящая из шести ВТВ, собранных по трехфазной мостовой схеме, с системами управления, диагностики и защиты, а также вспомогательным оборудованием, необходимым для функционирования ПМ;

3.1.9 **средство демпфирования:** устройства, ограничивающие на оборудовании ВПП перенапряжения или скачки напряжения, а также недопустимо высокие скорости нарастания напряжения (dU/dt), например, RC-цепочки, ограничители перенапряжений, выравнивающие резисторы, лавинные диоды, варисторы и т.д.;

3.1.10 **устройство фильтрующее компенсирующее переменного тока:** Электроустановка, состоящая из конденсаторных батарей, фильтровых реакторов и, в некоторых случаях, демпфирующих резисторов, электрически соединенных между собой, предназначенная для компенсации реактивной мощности и подавления высших гармоник тока или напряжения в электрической сети;

3.1.11 **фильтр постоянного тока:** оборудование, состоящее из сглаживающего реактора и конденсаторов, которое обеспечивает снижение пульсаций напряжения и тока в звене постоянного тока ВПП.

3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

АБ – аккумуляторная батарея;

ИБП – источник бесперебойного питания;

ЗПА – зарядно-подзарядных агрегатов ()

АВР – автоматическое введение резерва;

АПВ – автоматическое повторное включение;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АИИС УЭ – автоматизированные информационные-измерительные системы учета электроэнергии;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ВП – высоковольтный преобразователь;

ВПП – высоковольтная преобразовательная подстанция;

ВПТ – вставка постоянного тока;

ВТВ – высоковольтный тиристорный вентиль;

ЗПА – зарядно-подзарядный агрегат;

РУ – распределительное устройство;

ОРУ – открытое распределительное устройство;

ЗРУ – закрытое распределительное устройство;

КРУ – комплектное распределительное устройство;

КРУЭ – комплектное распределительное устройство элегазовое;

ИБП – источник бесперебойного питания;

КЗ – короткое замыкание;

КБ – конденсаторная батарея;

КУ – конденсаторная установка;

ЛЭП – линия электропередачи;

ОПН – ограничитель перенапряжений;

ОРУ – открытое распределительное устройство;

ПА – противоаварийная автоматика;

ТТ – трансформатор тока;

ТН – трансформатор напряжения;

ПМ – преобразовательный мост;

ППТ – передача постоянного тока;

ПТ – преобразовательный трансформатор;

РЗА – релейная защита и автоматика;

РИП – резервный источник питания;

РС – реактор сглаживающий;

РАМ – регулятор активной мощности;

РРМ – регулятор реактивной мощности;

СО – системный оператор;

СТК – статический тиристорный компенсатор;

СУРЗ – система управления, регулирования и защиты;

ФКУ – фильтрокомпенсирующее устройство;

ЯТЖ – ядовитая техническая жидкость;

ФПТ – фильтр постоянного тока.

4 Общие положения

4.1 При создании преобразовательной подстанции должны быть обеспечены:

- широкомасштабное внедрение новой техники и технологий;
- низкий уровень потерь электроэнергии;
- долговечность электротехнического оборудования;
- минимальный объем профилактических работ;
- ремонтопригодность электротехнического оборудования;
- электромагнитная совместимость;
- санитарные нормы по электрическим, магнитным полям и шумам;
- сейсмостойкость;
- безопасность обслуживающего персонала;
- охрана окружающей среды.

4.2 Управление режимом работы ВПП должно быть автоматическим по параметрам настройки, определяемым системным оператором (диспетчерское управление) или руководством организации, в ведении которой находится данная установка.

4.3 ВПП должны допускать автоматический ввод в работу за время не превышающее 1,0 мин., а ВПТ – 0,5 мин., в том числе при использовании в качестве исполнительного устройства в системе противоаварийного управления с изменением направления и величины передаваемой активной мощности время реверса не должно превышать 0,5 мин.

4.4 ВПП должно удовлетворять требованию по времени отработки (быстродействию) скачка параметра настройки срабатывания по мощности до установившегося значения с точностью 0,05 не более 0,5 сек.

4.5 Преобразовательные подстанции, как правило, сооружают отдельно без функции распределения электроэнергии потребителям.

4.6 Требования по выбору площадки для строительства подстанции должны соответствовать нормfv технологического проектирования СТО 56947007-29.240.55.016-2008, СТО 56947007-29.240.10.028-2009 и СТО 70238424.29.240.10.003-2011.

4.7 Допускается создание преобразовательной подстанции от отдельной системы шин распределительной подстанции, т.е. использования ее в качестве встроенной подстанции.

4.8 Выбор площадки для строительства и организация вспомогательных нужд должны быть общими для подстанции и встроенной подстанции и соответствовать нормам технологического проектирования СТО 56947007-29.240.55.016-2008, СТО 56947007-29.240.10.028-2009 и СТО 70238424.29.240.10.004-2011.

4.9 Высоковольтная преобразовательная подстанция (далее ВПП) может являться плечом передачи постоянного тока (ППТ) или вставкой постоянного тока (ВПТ).

4.10 Передача постоянного тока (ППТ), включающая совокупность установок, в т.ч. преобразовательных, предназначена для передачи

электроэнергии постоянным током высокого напряжения из одной энергосистемы в другую на большие расстояния. При этом она может выполнять системные функции, перечисленные в разделе 1.

4.11 Вставка постоянного тока является частью преобразовательной подстанции (ВПП) и, как правило, предназначена для осуществления межсистемной связи, в т.ч. управление перетоком активной мощности между двумя энергосистемами или двумя частями одной энергосистемы, работающими с разной частотой и с разными уровнями напряжения. При этом она может выполнять и другие системные функции, перечисленные в разделе 1.

4.12 Оборудование внутренней установки ВПП должно соответствовать климатическому исполнению УХЛ, категории размещения 4.2 по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543. При этом должны соблюдаться следующие требования:

- температурный диапазон от плюс 10 до плюс 35°С;
- относительная влажность воздуха не более 80 % при 25°С;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли или химически активных газов, испарений и осадков в концентрациях, разрушающих изоляцию и металл, содержание нетокопроводящей пыли в помещении не более 0,7 мг/м^3.

4.13 Оборудование наружной установки ВПП должно соответствовать климатическому исполнению УХЛ, категории размещения 1 по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.

При этом при выборе оборудования для ВПП, предназначенного для работы на открытом воздухе, должны быть учтены требования СНиП 22-02-2003 [1] и следующие дополнительные требования:

- максимальная интенсивность падающей солнечной радиации для горизонтальной и вертикальной поверхностей;
- максимальная устойчивая скорость ветра;
- максимальная скорость при порывах ветра, включая его значение при минимальной температуре;
- максимальную толщину льда без ветра;
- максимальную толщину льда при максимальной скорости ветра;
- максимальную толщину снегового покрова;
- среднегодовые дождевые осадки, а также максимальные осадки в течение одного часа и максимальные – в течение 5 мин;
- плотность тумана;
- тип и интенсивность загрязнения окружающего воздуха;
- уровень грозовой деятельности на протяжении первых 10 км примыкающих линий и на территории ВПП;
- сейсмические условия:
  а) максимальное горизонтальное ускорение;
  б) частоту горизонтальных колебаний;
  в) максимальное вертикальное ускорение;
  г) частоту вертикальных колебаний;
- максимальное удельное сопротивление грунта на территории ВПП.

4.14 Качество электрической энергии на шинах сетей переменного тока, примыкающих к ВПП, должно соответствовать требованиям ГОСТ 13109 и ГОСТ 721.

5 Требования к основному оборудованию высоковольтной преобразовательной подстанции (ВПП)

5.1 Общие требования

5.1.1 ВПП могут создаваться монополярными или биполярными.

5.1.2 Принципиальная электрическая схема монополярной ВПП на основе двух высоковольтных преобразователей приведена в Приложении А на рисунке А.1.

5.1.3 Для увеличения передаваемой мощности (номинального напряжения), а также для снижения установленной мощности сглаживающего реактора и уменьшения пульсаций в звене постоянного тока ВПП, высоковольтный преобразователь может состоять из двух (и более) преобразовательных мостов, включенных по следующим схемам:

- монополярная схема, состоящая из двух преобразовательных мостов, питающихся от преобразовательных трансформаторов с разными группами соединения обмоток (звезда-звезда и звезда-треугольник), при этом управление мостами осуществляется со сдвигом 30° (см. схему на рисунке А.2).
- биполярная схема, состоящая из двух включенных последовательно монополярных ВП с заземлением общей точки, при этом уровень изоляции каждого преобразователя относительно общей точки («земли») для каждого полюса ВПП будет в два раза меньше номинального напряжения ВПП. Управление мостами осуществляется со сдвигом 30° эл. Схема приведена на рис. А3.

5.1.4 Состав оборудования ВПП для ВПТ, как правило, принимают следующий:

- два плеча ВПП (выпрямительное и инверторное), каждое из которых состоит из одного или двух ВП;
- коммутационная аппаратура;
- один или два ФПТ;
- ФКУ переменного тока со стороны подключения каждой энергосистемы;
- ОПН;
- устройство для управления и защиты оборудования ВПП;
- вспомогательное и технологическое оборудование, общее для всей ВПП.

5.1.5 Состав оборудования ВПП для ППТ, как правило, принимают следующий:

- одно плечо (выпрямительное или инверторное), состоящее из одного или двух ВП;
- коммутационная аппаратура;
- ФПТ;
- ФКУ переменного тока со стороны подключения энергосистемы;
- ОПН;

- устройство для управления и защиты оборудования ВПП;
- вспомогательное и технологическое оборудование, общее для всей ВПП.

5.1.6 ВП может состоять из одного или нескольких трансформаторов совместно с одним (или более) преобразовательным мостом, устройствами управления, диагностики и защиты, а также вспомогательного оборудования, необходимого для функционирования ВП.

5.1.7 Оборудование мостов ВПП рекомендуется изготавливать на напряжение*:

Примечание – По согласованию с заказчиком оборудование ВПП может быть рассчитано и на другие классы (значения) напряжений.

- высоковольтный тиристорный вентиль (ВТВ) – 10, 35, 110 кВ;
- преобразовательный мост (ПМ) соответственно – 10, 35, 110 кВ;
- ВП (из одного и более ПМ) – 10, 35, 110, 220, 500, 750 кВ;

5.1.8 Электрическая изоляция оборудования ВПП, подключенного к шинам питающей электрической сети, должна удовлетворять требованиям ГОСТ 1516.3.

5.1.9 Уровень изоляции (допустимые уровни напряжения) оборудования ВПП должен выбираться с учетом возможного наличия гармонических составляющих напряжения и всех возможных типов перенапряжений со стороны примыкающих ЛЭП согласно требованиям ГОСТ 1516.1 и ГОСТ 1516.3.

5.1.10 Электрическая изоляция оборудования высоковольтных преобразователей (ВП) и линии (шины) постоянного тока для ВПП с монополярной схемой должна соответствовать полному напряжению подключения.

5.1.11 Электрическая изоляция оборудования ВП и линии (шины) постоянного тока для ВПП с биполярной схемой должна соответствовать напряжению одного полюса ВПП.

5.1.12 Оборудование ВПП должно выдерживать перенапряжения, которые могут возникнуть:

- в результате КЗ или при оперативных переключениях в примыкающих сетях переменного тока;
- при КЗ в оборудовании ВПП и в результате сбоев в работе высоковольтных преобразователей.

5.1.13 Оборудование ВПП должно быть защищено от:

- внутренних перенапряжений, вызванных сбоями в работе ВПТ;
- внешних грозовых и коммутационных перенапряжений.

Для защиты от перенапряжений рекомендуется использовать нелинейные ОПН, взрывобезопасные, с достаточной энергоемкостью и необходимым уровнем защиты.

5.1.14 Сбои в работе оборудования ВП не должны приводить к повреждению другого оборудования ВПП (трансформаторов, реакторов, преобразовательных мостов, компенсирующих устройств и вспомогательного оборудования).

5.1.15 Помехозащищенность систем управления, регулирования, диагностики и защит преобразовательного оборудования ВПП и ВПТ должна быть обеспечена стандартными средствами защиты на схемотехническом уровне

согласно проекту СТО 70238424.29.240.01.007-20XX [6].

5.1.16 При необходимости регулирования и/или компенсации реактивной мощности на ВПП дополнительно могут устанавливаться управляемые компенсирующие устройства (например – ступенчато-управляемые конденсаторные группы, статический тиристорный компенсатор). Указанные устройства должны удовлетворять требованиям СТО 70238424.29.240.99.003-2011.

5.2 Требования к трансформаторам и реакторам

5.2.1 Силовые трансформаторы, предназначенные для согласования напряжения примыкающей энергосистемы с напряжением высоковольтного ПМ ВПП, должны соответствовать СТО 70238424.29.180.001-2011.

5.2.2 РС постоянного тока, предназначенные для уменьшения величины пульсаций тока и напряжения в звене постоянного тока ВПП, могут устанавливаться в шины постоянного тока как отдельно, так и совместно с КБ в составе ФПТ.

5.2.3 Преобразовательные трансформаторы и реакторы с масляным охлаждением должны соответствовать требованиям ГОСТ 16772 и СТО 70238424.29.180.001-2011, в том числе по:

- допускаемым в условиях эксплуатации длительным нагрузкам и аварийным перегрузкам должны соответствовать нагрузочной способности преобразовательных устройств;
- превышение температуры отдельных элементов трансформатора и реактора с масляной системой охлаждения не должны превышать:

а) для обмоток (класс нагревостойкости изоляции А) с циркуляцией охлаждающей жидкости:

1) естественной – плюс 60°С;
2) принудительной – плюс 65°С;

б) для магнитопроводов конструктивных элементов – 75°С.

- соответствию требованиям ГОСТ 1516.1 электрической прочности изоляции сетевых обмоток;
- стойкости к внешним воздействиям;
- пробивному напряжению трансформаторного масла и значению тангенса угла диэлектрических потерь при 90°С.
- конструкции, включая составные части, системы охлаждения, защитные покрытия и заземление;
- нормированным внешним механическим воздействиям по ГОСТ 17516;

Примечание – К трансформаторам и реакторам, не предназначенных для работы в условиях воздействия на них механических нагрузок, предъявляют требования только к их прочности при транспортировании.

- показателям надежности:

а) вероятности безотказной работы за наработку 24000 час – не менее 0,945;

б) установленной безотказной наработке – не менее 20000 час;

в) установленному сроку службы до первого капитального ремонта – не менее 10 лет;

г) полному установленному сроку службы – не менее 20 лет.

5.2.4 Безопасность, в т.ч. пожарная, преобразовательных трансформаторов и реакторов должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.2 и ГОСТ 12.1.004.

5.2.5 Требования охраны окружающей среды по допустимым уровням звука масляных трансформаторов и реакторов должны соответствовать ГОСТ 12.2.024.

Примечание – для трансформаторов и реакторов, уровни звука которых превышают допустимые значения на рабочих местах, снижение шума, воздействующего на человека, до санитарных норм должно обеспечиваться мероприятиями предусмотренными ГОСТ 12.1.003.

5.2.4 Преобразовательные трансформаторы и реакторы должны обеспечивать работу при отклонениях напряжения, подводимому к сетевой обмотке, на 5% сверх номинального при сохранении номинальных токов обмоток.

Примечание – В стандартах или технических условиях на трансформаторы конкретных групп и типов допускается устанавливать отклонения на 10 % сверх номинального напряжения данной обмотки при сохранении номинальных токов.

5.2.6 Допускаемые в условиях эксплуатации длительные нагрузки, а также аварийные перегрузки трансформаторов и реакторов должны соответствовать перегрузочной способности преобразовательного оборудования ВПП согласно 5.3.3 и 5.3.5.

5.2.7 Группа соединения обмоток на вторичной стороне силовых трансформаторов должна быть «звезда» или «треугольник» в соответствии с выбранной схемой ВП и ГОСТ 16772.

5.2.8 Трансформаторное и реакторное оборудование ВПП и ВПТ должно быть современным и иметь повышенную эксплуатационную надежность: преобразовательные трансформаторы (ПТ), сглаживающие реакторы с автоподпрессовкой обмоток, с герметичными маслонаполненными вводами или вводами с твердой изоляцией, с системами охлаждения путем предпочтительно естественной циркуляции масла, обладающие необходимой динамической стойкостью и низкими потерями, оснащенные системами мониторинга и диагностики, а также системами пожаротушения, предотвращения взрывов и возгораний, не требующих ремонта в течении расчетного срока службы.

5.2.9 Остальные требования к поставке трансформаторов и реакторов соответствовать СТО 70238424.29.180.001-2011.

5.3 Требования к оборудованию преобразовательных мостов и высоковольтных тиристорных вентилей

5.3.1 ПМ предназначенные для преобразования переменного тока в постоянный или обратно за счет включения силовых тиристоров ВТВ с помощью системы управления и естественного выключения их при переходе тока через нуль, как правило, состоит из шести ВТВ, собранных по трехфазной схеме, к входу которого подключают вторичные обмотки ПТ, соединенные в «звезду» или в «треугольник», а также устройства управления, регулирования, диагностики и защит.

5.3.2 Оборудование ПМ должно выдерживать без дополнительных ограничений допустимые по кратности и длительности превышения наибольшего рабочего напряжения на шинах присоединения, пропорциональные кратности превышения напряжения сети в соответствии с ГОСТ 1516.3.

5.3.3 ПМ должен выдерживать кратковременные повышения напряжения промышленной частоты на шинах подключения относительно наибольшего рабочего напряжения кратностью:

- 1,15 раза – не более 1200,0 сек;
- 1,30 раза – не более 20,0 сек;
- 1.57 раза – не более 1,0 сек;
- 1,65 раза – не более 0,1 сек.

5.3.4 ПМ должен быть устойчив к внешним и внутренним КЗ и выдерживать ток перегрузки относительно номинального кратностью:

- 1,1 раза – не менее 5 мин;
- 1,5 раза – не менее 40,0 сек;
- 2,0 раза – не менее 0,1 сек.

5.3.5 Для предотвращения воздействия на тиристоры ВТВ недопустимо высокого значения напряжения, на каждом ВТВ, как правило, устанавливаются:

- внутренние защиты каждого тиристора ВТВ;
- ОПН на каждый ПМ преобразователя;
- защита от повышения напряжения на инверторе путем полного снятия напряжения с ВПТ по сигналу системы диагностики и защиты системой управления и регулирования.

5.3.6 Для защиты ВТВ от опасных скоростей нарастания напряжения $\left(\frac{dU}{dt}\right)$ при вышеперечисленных воздействиях на каждом ВТВ, как правило, устанавливают:

- индивидуальные средства демпфирования на каждом из последовательных ВТВ;
- средства демпфирования, установленные на полюсах каждого моста;
- защита от зарегулированного режима, при котором включение ВТВ происходит при большом мгновенном значении напряжения на вентиле, сопровождающееся большими значениями $\left(\frac{dU}{dt}\right)$, путем отключения ВПП.

5.3.7 Для предотвращения выхода ВТВ из строя при превышении указанных значений токовых перегрузок система диагностики и защиты должна выдавать сигнал на систему управления, регулирования и защиты (далее СУРЗ) о полном снятии напряжения с ВПП.

5.3.8 Для защиты тиристоров ВТВ от превышения допустимой скорости нарастания тока $\left(\frac{dI}{dt}\right)$ на ВТВ должны быть установлены индивидуальные средства защиты каждой тиристорной ячейки (например, анодные реакторы).

5.3.9 Для защиты от пробоя отдельных тиристоров в процессе работы каждый ВТВ, как правило, имеет избыточное количество тиристорных ячеек из расчета, что при пробое 6 % тиристоров ВТВ срабатывает предупредительная сигнализация, а при выходе из строя 10 % тиристоров - с ВТВ (ПМ) снимается

высокое напряжение.

5.3.10 Система управления, регулирования и защиты (СУРЗ) должна осуществлять защиту ВП от минимального тока через ВТВ путем формирования сигнала на отключение преобразователя.

5.3.11 Для охлаждения ВТВ можно использовать:

- воздух;
- трансформаторное масло;
- деионизованную воду;
- раствор этиленгликоля.

Чаще всего и как правило, используют деионизованную воду или раствор этиленгликоля.

5.3.12 Тиристорные вентили с масляной системой охлаждения предназначаются для наружной установки, с системой охлаждения деионизованной водой или этиленгликолевым раствором и воздушным охлаждением – для внутренней установки.

5.3.13 Масляная система охлаждения, как правило, выполняется двухконтурной «масло – воздух».

5.3.14 Система охлаждения ВТВ деионизованной водой, как правило, выполняется трехконтурной (деионизованная вода – этиленгликолевый раствор – теплообменник, установленный снаружи здания).

Допускается использование двухконтурной системы охлаждения: этиленгликолевый раствор – теплообменник, установленный снаружи здания.

Выбор принципа построения системы охлаждения осуществляет разработчик на стадии проектирования.

5.3.15 При наличии на территории ВПП достаточно мощных источников технической воды рекомендуется двухконтурная система охлаждения ВТВ: деионизованная дистиллированная вода – техническая вода.

5.3.16 Рекомендуемая величина минимальной температуры деионизованной воды (этиленгликолевый раствор) или воздуха на входе ВТВ в рабочих режимах работы преобразователей – не ниже плюс 16°С во избежание явления запотевания.

5.3.17 В ВТВ должны быть предусмотрены защиты от перегрева тиристоров, которые должны отключать ВП при превышении на входе и на выходе ВТВ предельно допустимых температур охлаждающей жидкости или воздуха в соответствии с рекомендациями руководства по эксплуатации предприятия-изготовителя.

5.3.18 Максимально допустимое избыточное давление охлаждающей жидкости на входе ВТВ определяется рекомендациями руководства по эксплуатации предприятия-изготовителя.

5.4 Требования к фильтру в цепи постоянного тока

5.4.1 ФПТ предназначен для уменьшения пульсаций постоянного тока и напряжения в звене постоянного тока ВПП.

5.4.2 ФПТ может быть выполнен в виде:

- одного (в монополярной схеме) или двух (в биполярной схеме) сглаживающих реакторов, включенных в шины постоянного тока ВПП (рис. А2, А3);

- LC-фильтра, выполненного по П-образной схеме, в которой на выходе выпрямителя и на входе инвертора включаются высоковольтные конденсаторные батареи из импульсных конденсаторов (рис. А1).

5.4.3 Требования к сглаживающим реакторам должны соответствовать подразделу 5.2 настоящего стандарта.

5.4.4 Импульсные высоковольтные конденсаторные батареи должны быть рассчитаны на номинальное напряжение полюса и выдерживать кратковременные повышения напряжения промышленной частоты в предусмотренные в 5.3.3.

5.5 Требования к фильтрокомпенсирующим устройствам в цепях переменного тока ()

5.5.1 ФКУ в примыкающих цепях переменного тока на входе и выходе ВПП предназначены для:

- компенсации реактивной мощности, потребляемой преобразователями ВПП;

- подавления высших гармоник тока, генерируемых преобразователями ВПП.

5.5.2 Допускается использовать для компенсации реактивной мощности параллельно включенные ФКУ и ступенчато-управляемые конденсаторные установки или конденсаторные установки (КУ), а также другие управляемые устройства компенсации реактивной мощности.

5.5.3 Для подавления высших гармоник тока в состав ФКУ в зависимости от выбранной схемы ВПП могут входить LC-фильтры со звеньями, настроенными на 5-ю, 7-ю, 11-ю и 13-ю гармоники, а также широкополосное звено высоких частот.

5.5.4 ФКУ должны соответствовать требованиям СТО 70238424.29.240.99.001-2011 и СТО 70238424.29.240.99.003-2011.

5.6 Требования к коммутационной аппаратуре и устройствам защит от перенапряжений

5.6.1 Коммутационное оборудование, обеспечивающее включение и отключение оборудования ВПП, должно соответствовать требованиям СТО 70238424.29.130.01.001-2011.

5.6.2 Для ВПП целесообразно использовать:

- вакуумные выключатели;

- элегазовые выключатели на напряжение 35-750 кВ колонковые и баковые (со встроенными трансформаторами тока) преимущественно с пружинными приводами, с устройством синхронной коммутации для аппаратов в цепи ШР;

- разъединители, оснащенные электродвигательными приводами, высокопрочными фарфоровыми или полимерными опорными изоляторами. Для классов напряжений от 330 до 750 кВ следует применять разъединители

пантографного или полупантографного типа, не требующие капитального ремонта в течение всего срока службы;

- КРУЭ должны соответствовать требованиям СТО 70238424.29.240.10.005-2011.

5.6.3 Защита оборудования ВПП от грозовой активности вблизи подстанции или прилегающих ЛЭП должна соответствовать требованиям СТО 70238424.29.240.99.005-2011 и СТО 70238424.29.240.10.003-2011.

5.7 Требования к АСУ ТП, РЗА и ПА, АИИС УЭ и к средствам и системам связи и видеонаблюдения

5.7.1 Общие сведения

5.7.1.1 На главном щите управления ВПП должны быть предусмотрены устройства и системы, обеспечивающие:

- единство (схем построения, оборудования, программного обеспечения) системы измерений для контроля и управления оборудованием, технического и коммерческого учета, системы диспетчерского управления;
- контроль параметров режима и состояния оборудования в нормальных и аварийных режимах;
- управление всеми устройствами, действие которых необходимо для поддержания режимов, предотвращения отказов оборудования, локализации и устранения последствий отказов оборудования с сохранением живучести подстанции;
- видеоконтроль и наблюдение за состоянием подстанции, результатом переключений и действиями оперативного персонала;

5.7.1.2 В состав оборудования главного щита управления ВПП целесообразно включать:

- АСУ ТП;
- АИИС УЭ;
- устройства сигнализации срабатывания РЗА и ПА;
- средства систем связи;
- мониторы видеонаблюдения.

5.7.1.3 В АСУ ТП подстанции, как правило, должна быть интегрирована автоматизированная система комплексной безопасности, включающая комплекс распределительных автоматизированных систем охранной и пожарной сигнализации, пожаротушения, ограничения несанкционированного доступа и видеонаблюдения.

5.7.2 Требования к автоматизированной системе управления технологическим процессом

5.7.2.1 В состав АСУ ТП в соответствии с проектом СТО 70238424.29.240.01.007-20XX [6] должны входить:

- устройства сбора и отображения на экране информации:
- режимов работы ВПП;
- о состоянии оборудования ВПП;
- устройство ведения журнала событий (включение, отключение, аварийные режимы);

- устройство управления технологическим процессом;
- регулятор активной мощности (РАМ);
- регулятор реактивной мощности (РРМ).

5.7.2.2 Должны быть выполнены требования обеспечения надежности и живучести системы АСУ ТП, в том числе самодиагностика и резервирование оборудования.

5.7.2.3 В АСУ ТП должна поступать информация:

- о состоянии ВТВ и их систем охлаждения;
- о срабатывании защит оборудования ВПП (КРУ, компенсирующих устройств (при наличии), трансформаторов, реакторов и т. д.)

5.7.2.4 В качестве исполнительных органов получения информации об измерении и регистрации аварийных процессов и сигналов на срабатывание соответствующей защиты используются измерительные ТТ и ТН в цепях переменного и постоянного тока.

5.7.2.5 АСУ ТП должна обеспечивать снятие импульсов управления с преобразователей ВПП и их автоматическое повторное включение (АПВ) в случае превышения токов перегрузки выше максимально допустимого уровня (см. 5.3.4) после того, как средствами регулирования его не удалось снизить. Время АПВ – не более 0,2 сек от момента снятия импульсов управления до момента их повторной подачи на вентили.

5.7.2.6 РАМ должен обеспечивать:

- заданные уровень и направление передачи активной мощности ВПП;
- управление величиной передаваемой активной мощности по сигналам от устройств программного управления и/или по командам системного оператора.

В качестве исполнительных элементов РАМ используются, как правило, системы управления и регулирования высоковольтными преобразователями ВПП путем воздействия на их параметры регулирования тока.

5.7.2.7 РРМ должен поддерживать в заданных пределах баланс реактивной мощности на шинах переменного тока преобразовательной подстанции.

5.7.2.8 РРМ должен обеспечивать- управление величиной передаваемой реактивной мощности по сигналам от устройств программного управления и/или по командам системного оператора.

Для регулирования реактивной мощности рекомендуется использовать фильтрокомпенсирующие устройства и/или управляемые источники реактивной мощности, при этом режим генерации/потребления реактивной мощности должен устанавливаться через параметры регулирования данных устройств.

5.7.2.9 Измерительные трансформаторы должны удовлетворять требованиям СТО 70238424.17.220.20.001-2011.

5.7.2.10 Основные параметры трансформаторов тока должны соответствовать требованиям ГОСТ 7746 и СТО 70238424.17.220.20.001-2011.

К ним относятся:

- номинальное напряжение: 110; 150; 220; 330; 500; 750 (кВ);
- номинальный вторичный ток 1; 2; 5 (А).

5.7.2.11 К основным параметрам трансформаторов напряжения в соответствии с требованиями ГОСТ 1983 и СТО 70238424.17.220.20.001-2011 относят:

- номинальные напряжения: 110; 150; 220; 330; 500; 750 (кВ);
- номинальные напряжения каждой вторичной обмотки: 100 и 100/√3 (В).

5.7.3 Требования к системной аппаратуре ПА и РЗ

5.7.3.1 Защита оборудования ВПП при возникновении аварийных ситуаций и КЗ в прилегающих энергосистемах или при внутренних повреждениях должна осуществляться системной аппаратурой РЗА и ПА.

5.7.3.2 РЗА и ПА должны обеспечивать селективное включение и отключение оборудования ВПП и предотвращать нарушение устойчивости работы сети в послеаварийных режимах.

5.7.3.3 РЗА и ПА рекомендуется выполнять с использованием микропроцессорных устройств, обеспеченных единой платформой аппаратно-программных средств с выходом на центры управления через цифровые системы связи.

5.7.3.4 Конструктивное исполнение РЗА и ПА рекомендуется выполнять в виде отдельных, композиционно независимых, гальванически развязанных, плат, соединенных между собой оптоволоконными связями.

5.7.4 Требования к автоматизированной информационно-измерительной системе учета электроэнергии (АИИС УЭ)

АИИС УЭ должна соответствовать СТО 70238424.17.220.20.003-2011 и обеспечивать:

- автоматическое измерение параметров электроэнергии и активной мощности;
- измерение реактивной мощности.

5.7.5 Требования к системам связи для сбора и передачи информации и видеонаблюдения

5.7.5.1 Системы связи для сбора и передачи информации должны соответсвовать СТО 70238424.17.220.20.005-2011 и обеспечивать передачу:

- технологической, административной и другой информации;
- сигналов диспетчерско-технологического управления подстанции и эксплуатационных служб;
- сигналов от РЗА и ПА;
- функционирование АСУ ТП в нормальных и аварийных режимах;
- передачу информации от АИИС УЭ;
- информации с объекта и на объект.

5.7.5.2 Системы связи подстанции для сбора и передачи информации должна:

- включать надежные, помехо- и отказоустойчивые каналы с использованием различных современных средств связи (телефонная по волоконно-оптическим линиям связи, высокочастотная по линиям электропередач, по радиорелейным линиям, по УКВ-радиосвязи, по спутниковой связи);

- осуществлять непрерывный мониторинг исправности каналов (как основных, так и резервных), выбор исправного канала при повреждении основного и автоматический переход на него;
- обладать высокой скоростью передачи информации по каналам, удовлетворяющей технологическим и корпоративным потребностям системного администратора.

5.7.5.3 На территории подстанции система связи должна обеспечивать нормальное функционирование:

- автоматизированных средств пожарной сигнализации и пожаротушения;
- средств охранного видеонаблюдения, расположенных не только по периметру ВПП в охранных целях, но и на всех важных участках и сооружениях для предотвращения несанкционированного доступа к оборудованию ВПП.

5.7.5.4 АСУ ТП, РЗА и ПА, АИИС УЭ, средства и системы связи для сбора и передачи информации, технологического видеоконтроля и охранного видеонаблюдения должны проектироваться с использованием микропроцессорных устройств, обеспеченных единой платформой аппаратно-программных средств с выходом на центры управления через цифровые системы связи.

5.8 Требования к заземляющим устройствам подстанции

5.8.1 Заземляющие устройства ВПП должны соответствовать СТО 70238424.29.240.10.003-2011.

5.8.2 Для заземления электроустановок могут быть использованы искусственные и естественные заземлители. Использование естественных заземлителей в качестве элементов заземляющих устройств не должно приводить к их повреждению при протекании по ним токов короткого замыкания или к нарушению работы устройств, с которыми они связаны.

5.8.3 Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок, в первую очередь требованиям, предъявляемым к защитному заземлению: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. в течение всего периода эксплуатации.

5.8.4 В преобразовательных установках ВПП допускается соединять контур постоянного тока с заземлением в средних точках выпрямителя и инвертора через резисторы симметрирования.

5.8.5 Требуемые значения напряжений прикосновения и сопротивления заземляющих устройств при стекании с них токов замыкания на землю и токов утечки должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года.

При определении удельного сопротивления земли в качестве расчетного следует принимать его сезонное значение, соответствующее наиболее неблагоприятным условиям.

5.8.6 Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением

требований, предъявляемых к напряжению прикосновения, должно обеспечивать в любое время года при стекании с него тока замыкания на землю значения напряжений прикосновения, не превышающие нормированных ГОСТ 12.1.038.

5.8.7 Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,5 Ом с учетом сопротивления естественных и искусственных заземлителей.

5.8.8 При выполнении заземляющего устройства с соблюдением одного из требований (к сопротивлению или к напряжению прикосновения), так же должны выполняться следующие требования:

- заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю должны прокладываться, в земле на глубине не менее 0,3 м;
- продольные и поперечные горизонтальные заземлители (в четырех направлениях) должны прокладываться вблизи мест присоединений заземляемых нейтралей силовых трансформаторов.

5.8.9 В качестве естественных заземлителей могут быть использованы:

- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты зданий и сооружений, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;
- металлические трубы водопровода, проложенные в земле;
- обсадные трубы буровых скважин;
- металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов и т. п.;
- рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами;
- другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения;
- металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле;
- оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при количестве кабелей не менее двух.

5.8.10 Не допускается использовать в качестве заземлителей:

- железобетонные конструкции зданий и сооружений с предварительно напряженной арматурой, га исключением опорных конструкций ОРУ;
- алюминиевые оболочки кабелей;
- трубопроводы горючих жидкостей;
- трубопроводы горючих или взрывоопасных газов и их смесей;
- трубопроводы канализации;
- трубопроводы центрального отопления.

5.9 Требования к системам собственных нужд

5.9.1 Системы собственных нужд ВПП должны обеспечивать электрические нагрузки на оборудование ВПП и отвечать требованиям СТО 70238424.29.240.10.012-2011 и СТО 70238424.29.240.10.003-2011.

5.9.2 На всех ВПП необходимо устанавливать не менее двух трансформаторов собственных нужд.

5.9.3 От трансформаторов собственных нужд ВПП питание сторонних потребителей не допускается.

5.9.4 Схемы собственных нужд ВПП должны предусматривать присоединение трансформаторов собственных нужд к разным источникам питания, не связанным с шинами подключения преобразовательных трансформаторов.

На стороне НН трансформаторы собственных нужд должны работать раздельно с АВР.

5.9.5 На подстанциях 330 кВ и выше следует предусматривать резервирование питания собственных нужд от третьего независимого источника питания.

5.9.6 Мощности трансформаторов собственных нужд, питающих шины 0,4 кВ, должны выбираться в соответствии с нагрузками в разных режимах работы ВПП с учетом коэффициентов одновременности их загрузки, а также перегрузочной способности.

Рекомендуемая мощность каждого трансформатора собственных нужд с обмоткой НН 0,4 кВ, должна быть не более 630 кВА для ВПП классов напряжений от 110 до 220 кВ и не более 1000 кВА для ВПП классов напряжений от 330 кВ и выше.

5.9.7 При подключении одного из трансформаторов собственных нужд к внешнему независимому источнику питания необходимо выполнять проверку на предмет отсутствия сдвига фаз.

5.9.8 При питании оперативных цепей переменного и выпрямленного тока от трансформаторов собственных нужд последние следует присоединять к ВЛ, питающим ВПП.

5.9.9 Для сети собственных нужд переменного тока необходимо принимать напряжение 380/220 В с заземленной нейтралью.

Питание сети оперативного тока от шин собственных нужд должно осуществляться через стабилизаторы с напряжением на выходе 220 В.

5.9.10 Системы собственных нужд ВПП должны обеспечивать питание всех основных нагрузок, осуществляющих функционирование оборудования ВПП во всем диапазоне мощностей. При отключении основной системы СН автоматически вступает в работу оборудование, готовое к пуску.

5.9.11 Для аварийной системы целесообразно использовать следующие резервные источники питания СН:

- ИБП;
- дизель-генераторы, обеспечивающие питание основных нагрузок и зарядку АБ, особенно, если существует возможность длительных простоев.

Если в качестве ИБП применяют АБ, то они должны иметь повышенный (не менее 12 лет) срок службы, а их питание должно осуществляться от двух ЗПА, и при этом оба ЗПА должны:

- быть нормально включены в работу;
- обеспечивать режим «горячего резерва»;

- обеспечивать проведение уравнительного заряда АБ в автоматическом режиме;
- быть интегрированными в АСУ ТП подстанции;

5.9.12 Система собственных нужд ВПП после кратковременного отключения, вызванного какими-либо нарушениями в примыкающих энергосистемах переменного тока, должна обеспечить работу АПВ для восстановления передачи энергии в пределах нормированного времени восстановления.

5.9.13 Для районов с низкими температурами окружающего воздуха в случае полного отключения ВПП должны быть предусмотрены альтернативные источники питания (дизельгенераторы) во избежание замерзания некоторых систем, таких как системы охлаждения тиристоров ПМ, маслопроводов, систем подачи дизельного топлива, основной системы водоснабжения и т.д.

5.9.14 Системы СН должны обеспечивать также функционирование в нормальных и аварийных режимах следующее вспомогательное оборудование ВПП:

- питание насосов системы охлаждения преобразовательных блоков;
- питание вентиляторов системы кондиционирования и вентиляции воздуха и подачи сжатого воздуха;
- работу систем пожаротушения;
- питание насосов подач изоляционного и дизельного масел;
- питание системы водоснабжения;
- питание систем канализации и отвода дренажных вод;
- механическое управление нагрузкой.

5.9.15 Перерыв питания вентиляторов или насосов в системах охлаждения ВТВ допускается на время, соответствующее рекомендациям руководства по эксплуатации предприятия-изготовителя ВТВ, при этом должно быть предусмотрено автоматическое переключение с одного независимого источника питания на другой.

5.10 Требования к электромагнитной совместимости систем защит и управления высоковольтными преобразователями

5.10.1 При применении ВП должны приниматься меры по ограничению создаваемых ими высших гармоник тока (помех радио и телевизионным сетям допустимыми значениями, оговоренными нормативными документами по индустриальным помехам) при этом качество электрической энергии на шинах, примыкающих к ВПП систем переменного тока, должно соответствовать требованиям ГОСТ 13109 и ГОСТ 721 по коэффициенту искажения синусоидальности напряжения и коэффициентам гармонических составляющих напряжения, или должны быть определены способы (устройства) для выполнения этих требований.

5.10.2 В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51317.4.1 системы управления и регулирования, диагностики и защиты высоковольтных преобразователей, входящих в состав ВПП и ВПТ должны быть устойчивы (с критерием качества функционирования А) к следующим видам воздействий:

- повторяющимся колебательным затухающим помехам по ГОСТ Р 51317.4.12 (степень жесткости 3, амплитуда импульса испытательного напряжения 2,5 кВ по схеме «провод-земля», 1 кВ – по схеме «провод-провод»);
- микросекундным импульсным помехам большой энергии по ГОСТ Р 51317.4.5 (степень жесткости 3, амплитуда импульса испытательного напряжения 2 кВ);
- наносекундным импульсным помехам по ГОСТ Р 51317.4.4 (степень жесткости 4, амплитуда импульса испытательного напряжения 4 кВ для цепей силового электропитания, цепей тока и напряжения, 2 кВ для сигнальных цепей ввода-вывода);
- электростатическим разрядам по ГОСТ Р 51317.4.2 (степень жесткости 3, напряжение контактного разряда 6 кВ);
- излучаемому радиочастотному электромагнитному полю по ГОСТ Р 51317.4.3 (степень жесткости 3, напряженность 10 В/м);
- кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями по ГОСТ Р 51317.4.6 (степень жесткости 3);
- магнитному полю промышленной частоты по ГОСТ Р 50648 (степень жесткости 4, напряженность 30 А/м - длительно, 300 А/м – кратковременно);
- импульсному магнитному полю по ГОСТ Р 50649 (степень жесткости 4, напряженность 300А/м);
- затухающему колебательному магнитному полю по ГОСТ Р 50652.

6 Требования к технологическому и вспомогательному оборудованию высоковольтной преобразовательной подстанции

6.1 Требования к маслохозяйству

Требования к маслохозяйствам обеспечивающим прием хранение и выдачу электроизоляционных масел для обслуживания маслонаполненного оборудования ВПП приведены в СТО 70238424.27.100.051-2009 и СТО 70238424.29.240.10.003-2011.

6.2 Требования к элегазовому хозяйству

Элегазовое хозяйство должно обеспечить выполнение требований руководства по проверке и обработке элегаза (SF6), взятого из электрооборудования, и технические требования к его повторному использованию ГОСТ Р 54426 и СТО 70238424.29.240.10.003-2011 в части касающейся.

6.3 Требования к оборудованию подготовки деионизованной воды

6.3.1 К оборудованию по подготовке деионизованной воды, как правило, относят:
- дистиллятор для получения дистиллированной воды;
- ионообменные фильтры;
- мембранные фильтры;
- вспомогательное оборудование:

- насосы;
- расширительный бак;
- емкости для смешивания деионизованной воды с незамерзающей жидкостью (этиленгликолем);

6.3.2 Для размещения и обслуживания оборудования по подготовке деионизованной воды указанного в 6.3.1 должно быть предусмотрено отдельное помещение.

6.3.3 Для хранения расходных материалов (дистиллированной воды, ионообменных смол и т.д.) целесообразно предусмотреть отдельное оборудованное помещение.

ВНИМАНИЕ! Этиленгликоль является ЯТЖ, должен храниться в таре (бочках, канистрах) в опломбированном (опечатанном) состоянии в неотапливаемых, закрытых, хорошо проветриваемых, специально оборудованных хранилищах (помещениях) или на временно выделенных огороженных участках, отдельно от других нефтепродуктов. Хранение этиленгликоля с другими нефтепродуктами и техническими жидкостями категорически запрещено.

6.4 Требования по водоснабжению и утилизации канализационных и ливневых стоков

6.4.1 Выбор материалов для устройства водопроводных сетей на территории ВПП следует предусматривать в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84 [2], СНиП 2.04.01-85 [3] и других действующих нормативных документов.

6.4.2 Сети канализации рекомендуется выполнять из полиэтиленовых труб с учетом требований, изложенных в СНиП 2.04.01-85 [3].

6.4.3 Требования к водоснабжению и канализации приведены в СТО 70238424.29.240.10.003-2011, а также в СНиП 2.04.02-84 [2] и СНиП 2.04.01-85 [3].

7 Защита от воздействия электрических и магнитных полей

7.1 Воздействие на людей электрических и магнитных полей ВПП должно удовлетворять требованиям СП 12.13130.2009 [4] и СТО 70238424.29.240.10.003-2011.

7.2 На ВПП напряжением 330 кВ и выше в зонах пребывания обслуживающего персонала (пути передвижения обслуживающего персонала, рабочие места) напряженность электрического поля (ЭП) должна быть в пределах допустимых уровней, установленных ГОСТ 12.1.002.

7.3 На ВПП напряжением 330 кВ и выше допустимые уровни напряженности ЭП в зонах пребывания обслуживающего персонала должны обеспечиваться конструктивно-компоновочными решениями с использованием стационарных и инвентарных экранирующих устройств.

7.4 На ВПП напряжением 330 кВ и выше производственные и складские здания следует размещать вне зоны влияния ЭП. Допускается их размещение в этой зоне при обеспечении экранирования подходов к входам в эти здания.

Экранирование подходов не требуется, если вход в здание, расположенное в зоне влияния, находится с внешней стороны по отношению к токоведущим частям.

7.5 Производственные помещения, рассчитанные на постоянное пребывание персонала, не должны размещаться в непосредственной близости от токоведущих частей ЗРУ и других электроустановок, а также под и над токоведущими частями оборудования, за исключением случаев, когда рассчитываемые уровни магнитных полей не превышают предельно допустимых значений.

Зоны пребывания обслуживающего персонала должны быть расположены на расстояниях, обеспечивающих соблюдение предельно допустимых уровней магнитного поля.

8 Требования безопасности и охраны окружающей среды

8.1 Общие требования безопасности

8.1.1 Общие требования безопасности к электротехническому оборудованию ВПП должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 721.

8.1.2 Требования к безопасности трансформаторного и реакторного оборудования ВПП должны соответствовать ГОСТ 16772.

8.1.3 Степень защиты оборудования от попадания воды и твердых предметов должна указываться в нормативной документации на оборудование ВПП и быть не ниже IP 31 по ГОСТ 14254.

8.1.4 Требования к защите обслуживающего персонала ВПП от случайного прикосновения к токоведущим частям электроустановок должны соответствовать ГОСТ 12.1.038, от воздействий электромагнитных полей в производственных условиях СанПиН 2.2.4.1191-03 [5].

8.2 Требования по пожарной безопасности

8.2.1 При создании ППС должны быть соблюдены требования:

- федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- федерального закона Российской Федерации от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;
- ГОСТ 12.1.004.

8.2.2 Категории помещений, зданий и наружных установок ВПП по взрывопожаробезопасности принимают в соответствии с СП 12.13130.2009 [4].

8.2.3 Степень огнестойкости зданий и пределы огнестойкости строительных конструкций принимают согласно требованиям федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

8.2.4 Требования к оборудованию автоматическими средствами пожарной сигнализации и пожаротушения зданий, помещений и сооружений ВПП приведены федеральных законах Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и от 21.12.1994

№ 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

8.2.5 Противопожарные мероприятия должны разрабатываться в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме».

8.2.6 В оборудовании ВПП и ВПТ следует применять материалы, ограничивающие распространение пламени в случае его появления при аварийных повреждениях и удовлетворяющие требованиям ГОСТ 14254.

8.2.7 Целесообразно предусматривать переход от средств пожаротушения к средствам предотвращения пожаров.

8.3 Требования охраны окружающей среды

8.3.1 Требования экологической безопасности при проектировании, сооружении (реконструкции) электросетевых объектов приведены в СТО 56947007-29.240.037-2010, СТО 56947007-29.240.038-2010 и СТО 56947007-29.240.040-2010

8.3.2 В оборудовании ВПП следует применять экологически безопасные материалы и компоненты. ВПП должны комплектоваться конденсаторами с экологически чистым диэлектриком.

8.3.3 Помещения с элегазовым оборудованием и баллонами с элегазом должны оснащаться датчиками обнаружения утечки элегаза.

9 Приемка в эксплуатацию

9.1 До приемки в эксплуатацию оборудования ВПП должны быть проведены промежуточные приемки видов оборудования и сооружений ПС, в том числе скрытых работ.

9.2 Правила приемки оборудования ВПП должны включать в себя следующие категории испытаний:

- квалификационные и/или сертификационные испытания комплектующего оборудования ВПП на предприятиях-изготовителях.
- комплексные испытания до поставки на объект аппаратуры управления ВП в составе иерархической системы управления, регулирования и защиты ВПП на специальной системной модели в реальном масштабе времени.
- входной контроль комплектующего оборудования по программам, созданным на основе инструкций по эксплуатации предприятий – изготовителей, при поставке на объект до начала монтажа.
- контрольные испытания комплектующего оборудования по специальным программам после окончания монтажа и настройки.
- испытания ВП на работоспособность (предварительные испытания) по специальной программе либо в составе ВПП, либо по временным испытательным схемам.

9.3 Методы контроля параметров, норм, требований и характеристик ВПП, указываются в соответствующих программах, составляемых для каждого этапа приемки.

9.4 Приемочные испытания оборудования и пусконаладочные испытания отдельных систем ВПП

9.4.1 При проведении приемочных и пусконаладочных испытаний должны осуществляться:

- проверка оборудования на соответствие запроектированным показателям назначения;
- проверка и настройка всех систем контроля и управления, в том числе автоматического управления и защиты;
- выявление дефектов и недоделок, подлежащих устранению до начала комплексного опробования.

9.4.2 Приемочные испытания оборудования и пусконаладочные испытания отдельных систем должны проводиться по проектным схемам генподрядчиком с привлечением персонала Заказчика по завершении всех строительных и монтажных работ по сдаваемой установке.

9.5 Шеф-монтаж оборудования, входящего в состав ВПП, должен осуществляться заводами - изготовителями соответствующего оборудования.

9.6 Для проведения пусконаладочных работ и комплексного опробования оборудования ВПП допускается включение энергоустановки по проектной схеме на основании временного разрешения на допуск на период пусконаладочных работ, выданного органами государственного надзора.

9.7 Комплексное опробование оборудования

9.7.1 Комплексное опробование оборудования ВПП проводится Заказчиком только по проектным схемам по программе и методике, утверждаемой техническим руководителем предприятия, на объекте которого установлено преобразовательное устройство.

9.7.2 Для проведения опробования оборудования должна быть разработана оперативная программа с указанием необходимого объема оперативных переключений в соответствии с СНиП 2.04.02-84 [2] и инструкциями предприятий-изготовителей.

9.7.3 При комплексном опробовании оборудования должны быть проверены:

- работоспособность оборудования и технологических схем, безопасность их эксплуатации;
- настройка всех систем контроля и управления, устройств защиты и блокировок, устройств сигнализации и контрольно-измерительных приборов.

9.7.4 Комплексное опробование считается успешно проведенным при условии нормальной и непрерывной работы основного и вспомогательного оборудования в течение 72 ч.

10 Ввод в эксплуатацию

10.1 Перед приемкой в эксплуатацию должны быть устранены дефекты и недоделки, допущенные в ходе строительства и монтажа, а также дефекты оборудования, выявленные в процессе приемочных и пусконаладочных испытаний, комплексного опробования оборудования ВПП. При необходимости

комплексное опробование может быть повторено. Приемка в эксплуатацию ВПП с дефектами и недоделками не допускается.

10.2 При соответствии результатов комплексного опробования техническим условиям и технической документации приемочная комиссия принимает решение о подписании акта о вводе энергоустановки в промышленную эксплуатацию.

Датой ввода объекта в эксплуатацию считают дату утверждения акта приемочной комиссии.

10.3 Включение ВПП в работу должен быть оформлен заявкой, подаваемой в орган оперативно-диспетчерского управления.

10.4 Ввод в эксплуатацию осуществляют по утвержденному плану.

11 Оценка и подтверждение соответствия

11.1 После завершения строительством и/или реконструкции должны соответствовать проектной документации разработанной с учетом требований технических регламентов, строительных норм и правил, стандартов безопасности труда, норм технологического проектирования, норм и требований природоохранного законодательства и правил пожаробезопасности.

11.2 Схемы сертификации декларирования соответствия высоковольтного оборудования КТПБ должны соответствовать ГОСТ Р 53603 и ГОСТ Р 54008 соответственно.

11.3 Все высоковольтное оборудование ТП должно иметь подтверждающие документы по ГОСТ Р ИСО/МЭК 17050-1 и ГОСТ Р ИСО/МЭК 17050-2 и знаки соответствия по ГОСТ Р 54009, и соответствовать требованиям установленным потребителем на стадии проектирования, изготовления и монтажа РУ.

12 Гарантии

12.1 При поставках оборудования ВПП, которое в соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации и Федеральным законом Российской Федерации от 07.02.1992 № 2300-1 «О защите прав потребителей» должно безотказно функционировать в течение определенного (гарантийного) срока, его продолжительность следует указывать в тексте договора (контракта).

12.2 В течение гарантийного периода каждый Поставщик должен гарантировать неизменность основных характеристик поставляемого ими оборудования ВПП, а также показателей надежности оборудования.

12.3 Каждый Поставщик несет материальную ответственность за несоблюдение гарантированных показателей поставляемого ими оборудования, оговариваемых в контракте и в технических условиях на поставку.

12.4 При выявлении в гарантийный период дефектов в изготовлении поставленного оборудования каждый Поставщик обязан по требованию Заказчика устранить их своими силами и за свой счет, если он не докажет, что дефекты явились следствием обстоятельств, за наступление которых он ответственности не несет.

13 Требования к технической и сопроводительной документации

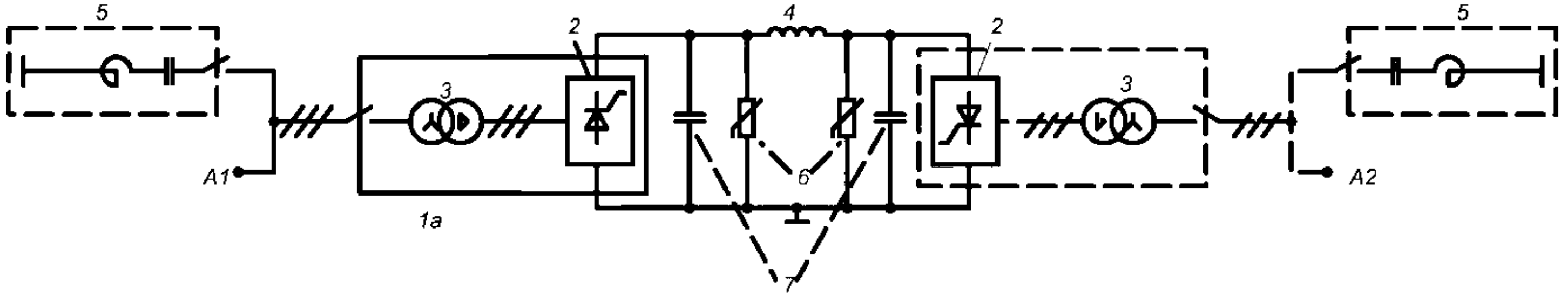
13.1 Каждый Поставщик обязан передать совместно с отгруженным оборудованием в адрес Заказчика документацию, разработанную в соответствии с ГОСТ 2.601 и включающую:

- сведения об изготовителе (поставщике): полное и сокращенное наименование организации, место нахождения, юридический и почтовый адреса, телефоны, факс, электронный адрес, идентификационный номер налогоплательщика (ИНН);
- сведения о сертификации изделия;
- акт и протокол приемочных испытаний, сведения об устранении недостатков, выявленных в процессе приемочных испытаний;
- эксплуатационную документацию.

13.2 Эксплуатационная документация должна включать сведения о назначении оборудования, комплектацию, описание конструкции и принципа работы, технические характеристики, схемы электрических соединений, условия и требования безопасной эксплуатации, методику проведения контрольных испытаний (проверок) установки и ее основных узлов, ресурс и срок эксплуатации, порядок технического обслуживания, ремонта и диагностирования, порядок утилизации.

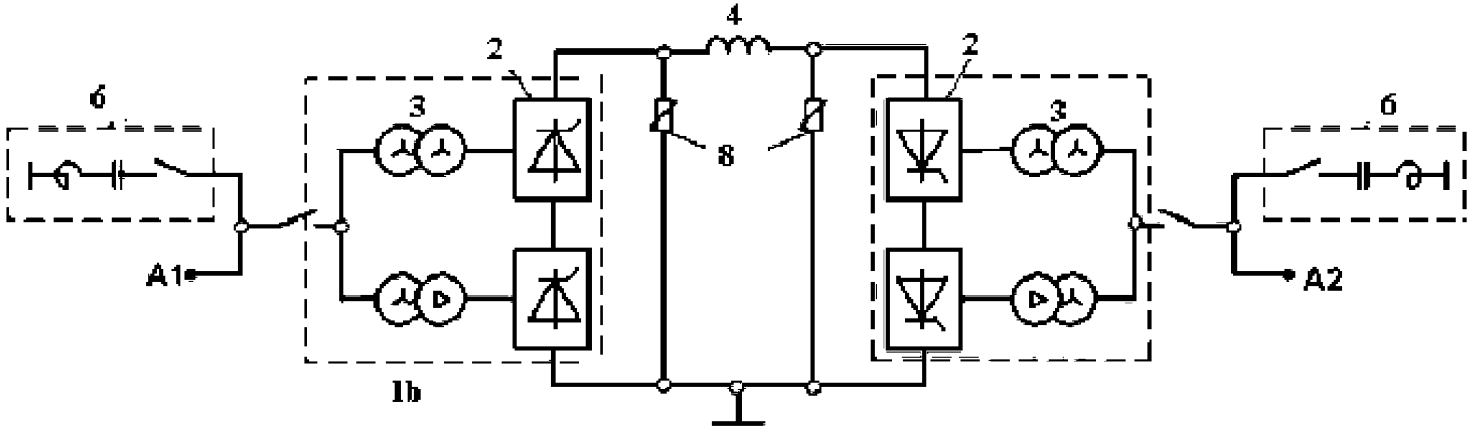
13.3 Техническая и сопроводительная документация должна быть выполнена на русском языке, либо иметь заверенный перевод на русский язык.

Приложение А
(справочное)
Типичные электрические схемы высоковольтных преобразовательных подстанций



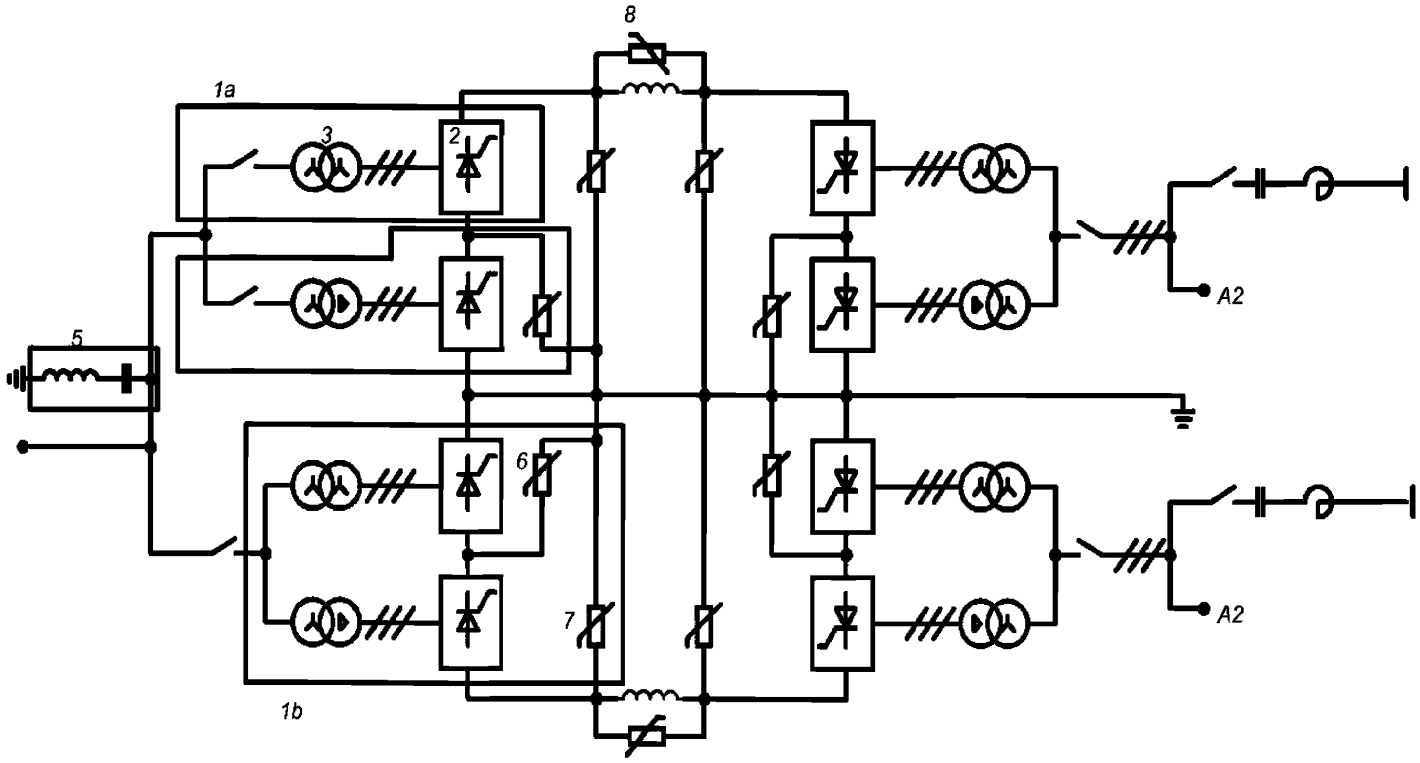
Перечень и условные обозначения основного электротехнического оборудования:
A1 – шины переменного тока системы 1; *A2* – шины переменного тока системы 2; *1a* – шестипульсный преобразователь; *2* – преобразовательный мост; *3* – преобразовательный трансформатор; *4* – сглаживающий реактор; *5* – фильтрокомпенсирующее устройство переменного тока; *6* – ОПН на шинах постоянного тока ПБ; *7* - конденсаторы фильтра постоянного тока.

Рисунок А.1 – Электрическая схема монополярной ВПП для ВПТ с одним преобразовательным мостом в плече



Перечень и условные обозначения основного электротехнического оборудования:
A1 – шины переменного тока системы 1; A2 – шины переменного тока системы 2; 1b – двенадцатипульсный преобразователь (ВП); 2 – преобразовательный мост; 3 – преобразовательный трансформатор; 4 – сглаживающий реактор; 6 – фильтрокомпенсирующее устройство переменного тока; 8 – ОПН на шинах постоянного тока ВПТ.

Рисунок А.2 – Электрическая схема монополярной ВПП для ВПТ с двумя преобразовательными мостами в плече



Перечень и условные обозначения основного электротехнического оборудования:

A1 – шины переменного тока электросистемы 1; *A2* – шины переменного тока электросистемы 2; *1a* – шестипульсный преобразователь; *1b* – двенадцатипульсный преобразователь; *2* – преобразовательный мост; *3* – преобразовательный трансформатор; *4* – сглаживающий реактор; *5*– Фильтрокомпенсирующее устройство переменного тока; 6– ограничитель перенапряжений преобразовательного моста; 7 – ограничитель перенапряжений на шинах постоянного тока; *8*– ограничитель перенапряжений на сглаживающем реакторе.

Рисунок А.3 – Типичная электрическая схема ВПП для ВПТ в биполярном исполнении

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения.

[2] СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

[3] СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация изданий.

[4] СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 № 182

[5] СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.

[6] Проект СТО 70238424.29.240.01.007-20XX Автоматизированная система управления (АСУ) электрических сетей. Условия создания. Нормы и требования (проект)

УДК 621.311.442 ОКС 29.120.50 ОКП 34 0000

Ключевые слова: ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПОДСТАНЦИЯ, ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ ПЕРЕДАЧА ПОСТОЯННОГО ТОКА, ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ ВСТАВКА ПОСТОЯННОГО ТОКА, СОЗДАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ.

РАЗРАБОТЧИКИ

Открытое акционерное общество «Научно-технический центр электроэнергетики»

Зам. Генерального директора ОАО «НТЦ электроэнергетики» – Директор по исследованиям и разработкам — Моржин Ю.И.

Руководитель разработки, Заместитель научного руководителя, Начальник Центра надежности и режимов работы электрических сетей — Кочкин В.И.

Ответственные исполнители: Заведующий лабораторией — Нечаев О.П.

Ст. научный сотрудник — Жмуров В.П.

gost.e-ecolog.ru