Некоммерческое Партнерство «Инновации в электроэнергетике»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 70238424.29.240.10.001-2011

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 35 КВ И ВЫШЕ 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», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним – ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации – ГОСТ Р 1.5-2004.

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-технический центр электроэнергетики» (ОАО «НТЦ электроэнергетики»), Открытым акционерным обществом «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт по проектированию энергетических систем и электрических сетей «Энергосетьпроект» (ОАО «Энергосетьпроект»)

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 ... 2
4 Общие положения ... 3
5 Требования к выбору площадки для размещения распределительных устройств ... 4
6 Требования к электрическим схемам распределительных устройств ... 7
7 Общие требования к распределительным устройствам ... 9
8 Требования к открытым распределительным устройствам ... 15
9 Требования к закрытым распределительным устройствам ... 25
10 Требования к закрытым комплектным элегазовым распределительным устройствам ... 30
11 Требования к заземляющим устройствам распределительных устройств ... 31
12 Требования к прокладке кабелей ... 37
13 Требования к защите от грозовых перенапряжений ... 38
14 Требования к защите от внутренних перенапряжений ... 46
15 Требования биологической защиты от воздействия электрических и магнитных полей ... 48
16 Требования по пожарной безопасности ... 50
17 Охрана окружающей среды ... 50
18 Прием законченных строительством распределительных устройств или пусковых комплеклов ... 51
19 Ввод в эксплуатацию ... 56
20 Оценка и подтверждение соответствия ... 56
БИБЛИОГРАФИЯ ... 58

Введение

Стандарт организации «Распределительные устройства электрических станций и подстанций напряжением 35 кВ и выше. Условия создания. Нормы и требования» разработан с целью:

а) повышения эффективности функционирования электрических сетей в краткосрочной и долгосрочной перспективе при условии обеспечения промышленной и экологической безопасности ЕЭС;

б) обеспечения надежного и качественного электроснабжения производственно-хозяйственного комплекса и населения страны;

в) повышения надежности работы распределительных устройств электрических станций и подстанций напряжением 35 кВ и выше.

С учетом анализа существующих нормативно-технических документов в электроэнергетике и опыта их применения разработан стандарт организации с требованиями к распределительным устройствам электрических станций и подстанций напряжением 35 кВ и выше в целях обеспечения безопасности и работоспособности электрических сетей.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Распределительные устройства электрических станций и подстанций напряжением 35 кВ и выше
Условия создания
Нормы и требования

Дата введения – 2011-06-30

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает нормы и требования к созданию распределительных устройств электрических станций и подстанций переменного тока напряжением 35 кВ и выше.

Требования настоящего стандарта распространяются на вновь сооружаемые и подлежащие техническому перевооружению и реконструкции распределительных устройств электрических станций и подстанций переменного тока напряжением 35 кВ и выше.

Положения настоящего стандарта предназначены для применения проектными организациями, строительно-монтажными, наладочными, эксплуатационными и ремонтными организациями.

Действие стандарта распространяется на следующие субъекты:

- электросетевые компании;
- генерирующие компании;
- научно-исследовательские институты, проектные организации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

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

ГОСТ 9920-89 Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции

ГОСТ Р 50462-92 Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям

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

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

СТО 70238424.29.240.99.006-2011 Устройства защиты от перенапряжений электрических станций и сетей. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 17230282.27.010.002-2008 Оценка соответствия в электроэнергетике

СТО 70238424.27.010.001-2008 Электроэнергетика. Термины и определения

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).

СТО 56947007-29.240.30.047-2010 Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций 35 – 750 кВ

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных национальных стандартов 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 стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт 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 **камера закрытая:** Камера, закрытая со всех сторон и имеющая сплошные (не сетчатые) двери.

3.1.2 **камера:** Помещение, предназначенное для установки аппаратов, трансформаторов и шин.

3.1.3 **устройство распределительное комплектное элегазовое:** Распределительное устройство, в котором основное электрооборудование заключено в оболочки, заполненные элегазом (SF6), служащим изолирующей и/или дугогасящей средой.

3.1.4 **сопротивление земли с неоднородной структурой удельное эквивалентное:** Такое удельное сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

Примечание - Термин «удельное сопротивление», применяемый в настоящем стандарте, для земли с неоднородной структурой следует понимать как «эквивалентное удельное сопротивление».

3.2 Обозначения и сокращения

АИИС КУЭ – автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии и мощности;
АУПС – автоматическая установка пожарной сигнализации;
АУПТ – автоматическая установка пожаротушения;
АУТ – автоматическая установка пожаротушения;
ВЛ – воздушная линия;
ЗРУ – закрытое распределительное устройство;
ИП – искровой промежуток;
КИП – контрольно-измерительные приборы;
КРУЭ – комплектное распределительное устройство элегазовое;
МП – магнитное поле;
НН – низкое напряжение;
ОАПВ – однофазное автоматическое повторное включение;
ОПН – ограничитель перенапряжения нелинейный;
ОРУ – открытое распределительное устройство;
ПС – подстанция;
РЗА – релейная защита и автоматика;
РУ – распределительное устройство;
ТН – трансформатор напряжения;
ТТ – трансформатор тока;
ШР – шунтирующий реактор;
ЭП – электрическое поле.

4 Общие положения

4.1 При создании РУ переменного тока напряжением 35 кВ и выше должны быть обеспечены:

- надежность и бесперебойность энергоснабжения;
- работоспособность с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- внедрение новой техники и технологий;
- низкий уровень потерь электроэнергии;
- минимальный объем профилактических работ;
- ремонтопригодность электротехнического оборудования;
- электромагнитная совместимость;
- выполнения требований санитарных норм по электрическим, магнитным полям и шумам;
- стойкость к климатическим воздействиям;
- сейсмостойкость;
- охрана окружающей среды;
- экологическая безопасность.

4.2 Выбор схем РУ напряжением 35 кВ и выше при новом строительстве, реконструкции и техническом перевооружении должен производиться на

основании схем перспективного развития электрических сетей напряжением 35 кВ и выше.

4.3 На вновь сооружаемых, расширяемых и подлежащих техническому перевооружению и реконструкции РУ необходимо применять современное электротехническое оборудование, имеющее повышенную эксплуатационную надежность:

- вакуумные выключатели на напряжение до 110 кВ;
- 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;
- комплектные распределительных устройств элегазовые (КРУЭ)
- элегазовые ячейки типа «ПАСС МО»;
- комбинированные коммутационные аппараты «выключатель-разъединитель»;
- разъединители пантографного, полупантографного горизонтально-поворотного и другого типа, оснащенные электродвигательными или пружинными приводами, высокопрочными фарфоровыми или полимерными опорными изоляторами, не требующие капитального ремонта в течение всего срока службы;
- взрыво- и пожаробезопасные трансформаторы тока и трансформаторы напряжения (встроенные, отдельностоящие и комбинированные) с классом точности обмоток 0.2S (0.5S) и 0.2 (0.5) для коммерческого учета и измерений;
- антирезонансные измерительные трансформаторы напряжения;
- микропроцессорные устройства РЗА.
- нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) для защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений, взрывобезопасные, с достаточной энергоемкостью и необходимым защитным уровнем;
- элегазовые комплектные распределительные устройства (КРУЭ) при технико-экономической обоснованности.

5 Требования к выбору площадки для размещения распределительных устройств

5.1 Выбор площадки для строительства РУ должен производиться в соответствии с требованиями земельного, водного законодательства Российской Федерации (РФ) и законодательными актами по охране природы и использованию природных ресурсов на основании:

- схемы развития электрических сетей района или схемы электроснабжения конкретного объекта;
- проектов районной планировки и проектов планировки городов (поселков);
- технико-экономического сравнения вариантов;
- методических указаний по выбору и согласованию площадок РУ в соответствии с СТО 56947007-29.240.10.028-2009.

5.2 Площадка РУ должна размещаться:

- вблизи генерирующих источников электростанций;
- на территории ПС;
- вблизи автомобильных дорог, по которым возможно передвижение трейлеров необходимой грузоподъемности;
- вблизи железнодорожных станций или подъездных железнодорожных путей промышленных предприятий, на которых возможна разгрузка тяжелого оборудования, строительных конструкций и материалов, а также примыкание к ним подъездного пути РУ;
- вблизи населенных пунктов, в которых возможно размещение жилых домов для эксплуатационного персонала РУ. При этом должны соблюдаться минимально допустимые расстояния по условиям шума от силового оборудования согласно санитарным нормам;
- вблизи существующих инженерных сетей (водопровода, канализации, тепло- и газоснабжения, связи), а также проектируемых сетей при условии их опережающего ввода.

5.3 Площадки РУ должны выбираться:

- на непригодных для сельскохозяйственного использования землях (расположение РУ на орошаемых, осушенных и пахотных землях допускается только в исключительных случаях по решению соответствующих органов);
- на незалесенной территории или на территории, занятой кустарниками и малоценными насаждениями;
- преимущественно вне зон природных загрязнений (морское побережье, засоленная почва и др.) и вне зон атмосферы, загрязненной промышленными уносами. Размещение РУ в условиях загрязненной атмосферы допускается при технико-экономическом обосновании с учетом требований соответствующих руководящих документов;
- вне зон активного карста, оползней, оседания или обрушения поверхности под влиянием горных разработок, селевых потоков и снежных лавин, которые могут угрожать эксплуатации РУ;
- вне зон залегания полезных ископаемых, подлежащих промышленной разработке;
- на незатопляемых территориях и на местах с уровнем грунтовых вод ниже заложения фундаментов и инженерных коммуникаций;
- на территориях, не подверженных размывам в результате русловых процессов при расположении площадок у рек, или водоемов, а также вне мест, где могут быть потоки дождевых и других вод, а также выше отметок складов с нефтепродуктами и другими горючими жидкостями. При невозможности расположения РУ вне указанных зон должны быть выполнены специальные гидротехнические сооружения по защите площадок от повреждений (подсыпка площадки, укрепление откосов насыпи, водоотводные сооружения, дамбы и др.);
- на грунтах, не требующих устройства дорогостоящих оснований и фундаментов под здания и сооружения. Расположение РУ на торфах, свалках и т.п. допускается только при технико-экономическом обосновании;

- на площадках с грунтами I или II категории по сейсмическим свойствам;
- на территориях, обеспечивающих максимально удобные заходы ВЛ всех напряжений;
- вне зон возможного обледенения оборудования и ошиновки ОРУ при сбросе воды через водосборные сооружения гидростанций в период осенне-зимних паводков;
- на расстоянии от аэродромов и посадочных площадок авиации, складов взрывчатых материалов, крупных складов горюче-смазочных материалов, нефтепроводов, газопроводов, радиостанций и телевышек, определяемом соответствующими нормами и правилами;
- вне зон влияния каменных карьеров, разрабатываемых с помощью взрывов;
- на площадках, на которых отсутствуют строения или коммуникации, подлежащие сносу или переносу в связи с сооружением РУ.

5.4 Выбор площадки для размещения РУ должен производиться с учетом результатов инженерных изысканий:

- инженерно-геодезических изысканий;
- инженерно-геологических изысканий, включающих геологические, гидрогеологические и сейсмологические изыскания и исследования;
- инженерно-метеорологические изыскания;
- инженерно-экологические изыскания.

Инженерные изыскания выполняются при разработке проектной документации объекта. Подготовка и использование проектной документации без выполнения соответствующих инженерных изысканий не допускается.

Инженерные изыскания выполняются в целях получения:

- данных о природных условиях территории, на которой будет осуществляться строительство или реконструкция объекта и природных объектов, затрагиваемых строительством;
- материалов, необходимых для обоснования размещения объекта и его сооружений в соответствии с намечаемым их назначением и параметрами;
- данных, необходимых для обоснования конструкции сооружений и их надежности, наличие местных строительных материалов;
- информации о необходимости выполнения специальных видов работ в основании сооружений (противофильтрационных, противооползневых, изъятия слабых грунтов, ликвидации естественных нарушений сплошности массива и др.;
- данных о воздействии нового объекта или реконструируемого на природную среду и социально-экономическую сферу и разработке необходимых природоохранных и компенсационных мер, позволяющих довести уровень воздействия до допустимого или согласованного уровня.

5.5 При размещении РУ следует учитывать наличие источников водоснабжения, естественных водоемов и рек, артезианских источников.

5.6 В районах с объемом снегопереноса 300 м3/м и более при выборе площадки РУ должна быть организована защита от снежных заносов.

6 Требования к электрическим схемам распределительных устройств

6.1 При выборе схем РУ ЭС и ПС необходимо руководствоваться СТО 56947007-29.240.10.028-2009 и СТО 56947007-29.240.30.010-2008.

Схемы РУ должны выбираться с учетом:

- схемы прилегающей сети, ее параметров и перспектив развития, количества присоединений (ВЛ, трансформаторов и т.д.);
- необходимости секционирования сборных шин и установки компенсирующих устройств;
- размера и стоимости земельного участка, природно-климатических условий и других факторов.

6.2 Схемы РУ ЭС и ПС при конкретном проектировании разрабатываются на основании схем развития энергосистемы, схем электроснабжения района или объекта и других работ по развитию электрических сетей и должны:

- обеспечивать присоединение заданного числа высоковольтных линий (ВЛ), трансформаторов, автотрансформаторов (Т, АТ) и компенсирующих устройств с учетом перспективы развития РУ ЭС и ПС;
- обеспечивать требуемую надежность работы РУ исходя из условий электроснабжения потребителей в соответствии с категориями электроприемников по надежности электроснабжения и транзитных перетоков мощности по межсистемным и магистральным связям в нормальном режиме без ограничения мощности и в послеаварийном режиме при отключении одной линии электропередачи или трансформатора с учетом допустимой нагрузки оставшегося в работе оборудования.
- учитывать требование секционирования сети и обеспечить работу РУ при расчетных значениях токов короткого замыкания;
- обеспечивать возможность и безопасность технического обслуживания и проведения ремонтных работ на отдельных элементах схемы без отключения соседних присоединений или с их отключением при соответствующем обосновании и согласовании;
- обеспечивать требования наглядности, удобства эксплуатации, компактности и экономичности.

6.3 Схемы РУ должны обеспечивать вывод отдельных участков РУ, выключателей и других аппаратов в ремонт.

6.4 Сравнение вариантов схем, намеченных к разработке на основании перечисленных требований, и их окончательный выбор производится на основании технико-экономических расчетов. Выбираются варианты, обеспечивающие требуемую надежность, а затем из них выбирается более экономичный.

6.5 Для РУ 35 кВ и выше, в зависимости от назначения, надежности, резервирования сети и обеспечения ремонтных режимов рекомендуется применять схемы:

- упрощенные - «мостик», «вход-выход», «блочная»;
- «многоугольник»;
- с одной системой шин, секционированной выключателем;
- с двойными секционированными системами шин.

Для РУ классов напряжений от 35 до 220 кВ рекомендуется применять также блочные схемы (линия – трансформатор с разъединителем или выключателем; два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий и заход-выход).

Для РУ 330-750 кВ рекомендуется применять схемы «трансформатор-шины», «полуторные».

6.6 Схемы с обходной системой шин для РУ не выше 220 кВ, а также с количеством выключателей на присоединение более одного, должны приниматься только при специальном обосновании.

6.7 В схемах подключения ВЛ через два выключателя для целей коммерческого учета электроэнергии, допускается установка трансформаторов тока в цепи ВЛ.

6.8 При выборе оборудования и ошиновки по номинальному току необходимо учитывать нормальные эксплуатационные, послеаварийные и ремонтные режимы, а также перегрузочную способность оборудования.

6.9 РУ напряжением 35 кВ и выше рекомендуется при обосновании устанавливать электрооборудование оснащенное системами диагностики и мониторинга технического состояния.

6.10 Конструкции, на которых установлены электрооборудование, аппараты, токоведущие части и изоляторы, должны выдерживать нагрузки от их массы тяжения ошиновки, коммутационных операций, воздействия ветра, гололеда и КЗ, а также сейсмических воздействий.

Конструкции, на которых установлено оборудование, должно иметь антикоррозионное покрытие. Опоры для подвески шин ОРУ рекомендуется выполнять сборными железобетонными или из стали.

6.11 Строительные конструкции, доступные для прикосновения персонала, не должны нагреваться от воздействия электрического тока выше 50°С; недоступные для прикосновения – выше 70°С.

Конструкции могут не проверяться на нагрев, если по токоведущим частям проходит переменный ток 1000 А и менее.

6.12 Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:

- в нормальных условиях работы электроустановки усилия, нагрев, или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ или замыканию на землю;
- обеспечить необходимую локализацию повреждений при нарушении нормальных условий работы электроустановки, обусловленных действием КЗ;
- обеспечить безопасность технического обслуживания и ремонта аппаратов, токоведущих частей и конструкций без нарушения нормальной работы соседних цепей;
- обеспечить возможность удобного транспортирования оборудования по территории РУ.

6.13 Главная схема электрических соединений РУ, управление оборудованием и компоновка оборудования и кабельного хозяйства должны выполняться таким образом, чтобы при возникновении пожаров в кабельном хозяйстве или вне его были исключены одновременная потеря взаимно резервирующих присоединений распределительных устройств, а также выход из работы систем обнаружения и тушения пожаров.

6.14 При расположении РУ в сейсмических районах для обеспечения требуемой сейсмостойкости наряду с применением имеющегося сейсмостойкого оборудования следует предусматривать специальные меры, повышающие сейсмостойкость электроустановки.

6.15 Расчетный уровень высоких (паводковых) вод принимается с вероятностью: 2 % в год для РУ напряжением 330 кВ и ниже и 1 % в год для РУ напряжением 500 кВ и выше.

6.16 Размещение РУ, генеральный план и инженерная подготовка территории, и защита их от затопления, оползней, лавин и т.п. должны быть выполнены в соответствии с правилами СНиП 22-02-2003 [1] и требованиями и Градостроительного кодекса Российской Федерации.

6.17 Компоновка и конструктивное выполнение ОРУ и ЗРУ должны предусматривать возможность применения механизмов, в том числе специальных, для производства монтажных и ремонтных работ.

7 Общие требования к распределительным устройствам

7.1 При проектировании РУ электрических станций и подстанций целесообразно использовать принципиальные электрические схемы приведенные в СТО 56947007-29.240.30.047-2010. Как правило РУ состоит из коммутационных аппаратов, устройств измерения токов и напряжений (ТТ, ТН), сборных и соединительных шин, вспомогательных устройств, устройств защиты от перенапряжений, требования к последним приведены в СТО 70238424.29.240.10.003-2011.

7.2 В РУ должны применяться высоковольтные выключатели:

- на классы напряжений до 110 кВ - элегазовые или вакуумные выключатели;
- на классы напряжений 110 и 220 кВ – элегазовые выключатели, компактные ячейки на базе колонковых или баковых элегазовых выключателей;
- на классы напряжений от 330 до 750 кВ – элегазовые выключатели;
- в цепях шунтирующих реакторов и батарей статических конденсаторов 110 кВ и выше рекомендуются элегазовые выключатели, снабженные устройствами синхронизированной коммутации.

7.3 В целях улучшения обслуживания и повышения автоматизации работы РУ рекомендуется применять разъединители с электродвигательными или пружинными приводами на главных и на заземляющих ножах.

7.4 В РУ должны применяться встроенные, отдельно стоящие и комбинированные трансформаторы тока (ТТ) и трансформаторы напряжения (ТН). Отдельно стоящие ТТ применяются в тех случаях, когда встроенные ТТ не обеспечивают требуемых условий работы РЗА, АИИС КУЭ и питания измерительных приборов.

7.4.1 Количество ТТ и их вторичных обмоток должно обеспечивать:
- раздельное подключения средств РЗА и АИИС КУЭ и других измерений. Для подключения АИИС КУЭ ТТ должны иметь измерительную обмотку класса точности 0.2S (при напряжении 220 кВ и выше), для класса напряжения 110 кВ и ниже - обмотку не ниже 0.5S;
- подключение устройств РЗА к разным вторичным обмоткам класса «Р» с целью обеспечения надежности резервирования и точности измерения.

7.4.2 Трансформаторы напряжения должны иметь отдельную вторичную обмотку для подключения средств АИИС КУЭ и измерительных приборов класса точности не хуже 0.2 (для ВЛ 220 кВ и выше), для класса напряжения 110 кВ и ниже - обмотку цепей измерения не ниже 0.5S.

7.5 Для защиты электрооборудования от коммутационных и грозовых перенапряжений должны применяться нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН).

7.6 При расположении РУ в районах, где атмосфера может содержать вещества, ухудшающие работу изоляции или действующие разрушающем образом на оборудование и шины, должны быть приняты следующие меры, обеспечивающие надежную работу установки:

- применение ЗРУ, защищенных от проникновения пыли, вредных газов или паров в помещение;
- применение усиленной изоляции и шин из материала, стойкого к воздействию окружающей среды;
- расположение РУ со стороны господствующего направления ветра.

7.7 При сооружении РУ вблизи морских побережий, соленых озер, химических предприятий, а также в местах, где длительным опытом эксплуатации установлено разрушение алюминия от коррозии, для ошиновок и спусков следует

применять специальные алюминиевые и сталеалюминиевые провода, защищенные от коррозии, в том числе с полимерным покрытием, или провода из меди и ее сплавов.

7.8 Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств, как правило, с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, трансформаторов тока, трансформаторов напряжения и т.д.) каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.

7.9 В отдельных случаях, обусловленных схемными или конструктивными решениями, трансформаторы тока допускается устанавливать до разъединяющих устройств.

7.10 Требование установки разъединяющих устройств не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также трансформаторы напряжения с емкостными делителями напряжения, присоединяемые к системам шин, ограничители перенапряжений, устанавливаемые на выводах трансформаторов и шунтирующих реакторов и на отходящих линиях.

7.11 РУ должны быть оборудованы оперативной блокировкой от неправильных действий при переключениях в электрических установках, предназначенной для предотвращения неправильных действий с разъединителями, заземляющими ножами (заземлителями).

Оперативная блокировка должна исключать:

- подачу напряжения разъединителем на участок электрической схемы, заземленной включенными заземляющими ножами, а также на участок электрической схемы, отделенной от включенных заземляющих ножей только выключателем;
- включение заземляющих ножей на участке схемы, не отделенном разъединителем от других участков, которые могут быть как под напряжением, так и без напряжения;
- отключение и включение разъединителями токов нагрузки.

7.12 РУ в соответствии с требованиями безопасности должны быть оборудованы стационарными заземлителями (заземляющими ножами), обеспечивающими заземление аппаратов и ошиновки.

7.13 На заземляющих ножах линейных разъединителей со стороны линии следует иметь привод с дистанционным управлением.

7.14 Допускается на заземляющих ножах линейных разъединителей со стороны линии выполнять только механическую блокировку с приводом разъединителя.

7.15 В РУ напряжением 35 кВ и выше стационарные заземлители (заземляющие ножи) должны быть размещены так, чтобы персонал, работающий

на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение.

7.16 На каждой секции (системе) сборных шин РУ напряжением 35 кВ и рекомендуется устанавливать два комплекта заземлителей.

7.17 При наличии трансформаторов напряжения заземление сборных шин следует осуществлять заземляющими ножами разъединителей трансформаторов напряжения.

7.18 Ошиновку РУ следует выполнять из алюминиевых и сталеалюминиевых проводов, полос, труб и шин из профилей алюминия и алюминиевых сплавов электротехнического назначения. В отдельных случаях допускается применять медь.

7.19 Должны быть предусмотрены меры, исключающие возможность возникновения деформации ошиновки за счет изменения температуры, которые, могут вызывать опасные механические напряжения в проводах и изоляторах.

7.20 Жесткая ошиновка должна содержать устройства для гашения вибрации шин и компенсирующие устройства для предотвращения передачи механических усилий от температурных деформаций и неравномерной осадки опорных конструкций на контактные выводы аппаратов и опорные изоляторы.

7.21 В зданиях ЗРУ должна быть предусмотрена возможность обогрева помещения и вентиляции.

7.22 В РУ должна быть обеспечена возможность легкого распознавания частей, относящихся к отдельным элементам электроустановок (простота и наглядность схем, надписи, маркировка, расцветка).

7.23 Буквенно-цифровые и цветовые обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми и соответствовать ГОСТ Р 50462.

Шины должны быть обозначены:

- при переменном трехфазном токе шины:
  а) фазы *А* – желтым;
  б) фазы *В* – зеленым;
  в) фазы *С* - красным цветами;
- при переменном однофазном токе:
  а) красным цветом – шина *В,* присоединенная к концу обмотки источника питания;
  б) желтым цветом – шина *А,* присоединенная к началу обмотки источника питания;
- при однофазном токе, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы, обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока;

7.24 Допускается выполнять цветовое обозначение не по всей длине шин, только цветовое или только буквенно-цифровое обозначение либо цветовое в сочетании с буквенно-цифровым в местах присоединения шин.

7.25 В распределительных устройствах напряжением 35-220 кВ при переменном трехфазном токе сборные и обходные шины, а также все виды секционных шин должны располагаться:

- при горизонтальном расположении – слева направо *А-В-С* или наиболее удаленная шина - *А,* средняя - *В,* ближайшая к коридору обслуживания - *С*;
- при вертикальном расположении (в одной плоскости или треугольником):
  а) одна под другой: сверху вниз *А-В-С*;
  б) одна за другой, наклонно или треугольником:
    1) наиболее удаленная шина *А;*
    2) средняя –*В;*
    3) ближайшая к коридору обслуживания - *С*;
- ответвления от сборных шин, если смотреть на шины из коридора обслуживания (при наличии трех коридоров - из центрального):
  а) при горизонтальном расположении – слева направо *А-В-С;*
  б) при вертикальном расположении (в одной плоскости или треугольником) – сверху вниз *А-В-С.*

7.26 Территория ОРУ должна быть ограждена внешним забором высотой не менее 2,4 м.

На территории ЭС (ПС) следует ограждать ОРУ внутренним забором высотой не менее 1,6 м.

ОРУ разных напряжений и силовые трансформаторы могут иметь общее ограждение.

7.27 Сетчатые и смешанные ограждения токоведущих частей электрооборудования должны иметь высоту над уровнем планировки ОРУ или над уровнем пола для ЗРУ не менее 1,9 м.

7.28 Сетки ограждения РУ должны иметь отверстия размером не более 25×25 мм и приспособления для запирания их на замок.

7.29 Применение барьеров допускается в ЗРУ при входе в камеры выключателей и других аппаратов для их осмотра при наличии напряжения на токоведущих частях. Барьеры должны устанавливаться на высоте 1,2 м и быть съемными. Расстояние между дверью камеры и барьером должно быть не менее 0,5 м или должна быть предусмотрена площадка перед дверью.

7.30 Применение барьеров в качестве единственного вида ограждения токоведущих частей недопустимо.

7.31 Распределительные устройства должны быть обеспечены телефонной и другими видами связи в соответствии с принятой системой обслуживания.

7.32 Распределительные устройства должны быть оборудованы электрическим освещением – рабочим и аварийным освещением. Осветительные устройства должны быть установлены таким образом, чтобы было обеспечено их безопасное обслуживание.

7.33 Рабочее и аварийное освещение во всех помещениях, на рабочих местах и на открытой территории должно обеспечивать освещенность согласно установленным требованиям.

7.34 Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения знаками или окраской.

Рабочее и аварийное освещение в нормальном режиме должно питаться от разных независимых источников питания. При отключении источников питания на ЭС и ПС и на диспетчерских пунктах аварийное освещение должно автоматически переключаться на аккумуляторную батарею или другой независимый источник питания.

Присоединение к сети аварийного освещения других видов нагрузок, не относящихся к этому освещению, не допускается.

Сеть аварийного освещения не должна иметь штепсельных розеток.

7.35 Светильники эвакуационного освещения должны быть присоединены к сети, не зависящей от сети рабочего освещения. При отключении источника питания эвакуационного освещения оно должно переключаться на аккумуляторную батарею или двигатель-генераторную установку.

7.36 Переносные ручные светильники ремонтного освещения должны питаться от сети напряжением не выше 25 В, а при повышенной опасности поражения электрическим током - не выше 12 В.

Вилки 12-25 В не должны подходить к розеткам 127 и 220 В. Розетки должны иметь надписи с указанием напряжения.

7.37 Сети внутреннего, наружного, а также охранного освещения РУ ЭС и ПС должны иметь питание по отдельным линиям. (м.б. дать определение «охранного освещения», в НТД такого определения нет)

Управление сетью наружного рабочего освещения и сетью охранного освещения должно осуществляться из помещения главного или центрального щита управления.

7.38 Сеть освещения РУ ЭС должна получать питание через стабилизаторы или от отдельных трансформаторов, обеспечивающих возможность поддержания напряжения освещения в необходимых пределах.

Напряжение на лампах должно быть не выше номинального. Понижение напряжения у наиболее удаленных ламп сети внутреннего рабочего освещения, а также прожекторных установок должно быть не более 5 % номинального напряжения; у наиболее удаленных ламп сети наружного и аварийного освещения и в сети от 12 до 25 В – не более 10 % (для люминесцентных ламп - не более 7,5 %).

7.39 В коридорах РУ, имеющих два выхода, и в проходных туннелях освещение должно быть выполнено с двусторонним управлением.

8 Требования к открытым распределительным устройствам

8.1 В ОРУ напряжением 35 кВ и выше должен быть предусмотрен проезд для передвижных монтажно-ремонтных механизмов, а также передвижных лабораторий.

8.2 Соединения гибких проводов в пролетах должно выполняться опрессовкой с помощью соединительных зажимов, а соединения в петлях у опор, присоединение ответвлений в пролете и присоединение к аппаратным зажимам – болтовые, опрессовкой или сваркой. При этом присоединение ответвлений в пролете выполняется, как правило, без разрезания проводов пролета.

8.3 Пайка и скрутка проводов не допускаются.

8.4 Болтовые соединения рекомендуются на зажимах аппаратов и на ответвлениях к ОПН, конденсаторах связи и измерительных трансформаторах, а также для временных установок, для которых применение неразъемных соединений требует большого объема работ по перемонтажу шин.

8.5 Гирлянды изоляторов для подвески шин в ОРУ должны быть одноцепными или двухцепными по условиям обеспечения механических нагрузок.

8.6 Разделительные (врезные) гирлянды не допускаются, за исключением гирлянд, с помощью которых осуществляется подвеска высокочастотных заградителей.

8.7 Соединения жестких шин в пролетах выполняются болтовыми или сварными.

8.8 Соединение шин соседних пролетов следует выполнять с помощью компенсирующих устройств.

Допускается присоединение компенсирующих устройств в пролетах с помощью болтовых соединений.

8.9 Ответвления от жестких шин могут выполняться как гибкими, так и жесткими, а присоединение их к пролетам выполняются болтовыми или сварными. Присоединение с помощью болтовых соединений разрешается только при обосновании.

8.10 Ответвления от гибких сборных шин ОРУ, как правило, должны располагаться ниже сборных шин.

8.11 Подвеска ошиновки одним пролетом над двумя и более секциями или системами сборных шин не допускается.

8.12 Нагрузки на шины и конструкции от ветра и гололеда, а также расчетные температуры воздуха должны определяться в соответствии с требованиями строительных норм и правил. При этом прогиб жестких шин не должен превышать 1/80 длины пролета.

8.13 При определении вертикальных нагрузок на конструкции дополнительно следует учитывать нагрузку от веса человека с инструментами и монтажными приспособлениями:

- 2,0 кН – для натяжных гирлянд изоляторов;
- 1,5 кН – для поддерживавших гирлянд изоляторов;
- 1,0 кН – для опорных изоляторов.

8.14 Тяжение спусков к аппаратам ОРУ не должно вызывать недопустимых механических напряжений и недопустимого сближения проводов при расчетных климатических условиях.

8.15 Коэффициент запаса механической прочности при нагрузках, соответствующих приведенным в 8.13–8.15, следует принимать:

- для гибких шин – не менее 3 по отношению к их временному сопротивлению разрыва;
- для подвесных изоляторов – не менее четырех по отношению к гарантированной минимальной разрушающей нагрузке целого изолятора (механической или электромеханической в зависимости от требований стандартов на примененный тип изолятора);
- для сцепной арматуры гибких шин - не менее 3 по отношению к минимальной разрушающей нагрузке;
- для опорных изоляторов жесткой ошиновки - не менее 2,5 по отношению к гарантированной минимальной разрушающей нагрузке изолятора.

8.16 Компоновку ОРУ рекомендуется выполнять таким образом, чтобы верхние ярусы шин не располагались над выключателями.

8.17 Наименьшие расстояния в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз, от неизолированных токоведущих частей до земли, заземленных конструкций и ограждений, а также между неизолированными токоведущими частями разных цепей следует принимать по таблице 1 (рисунки 1-10).

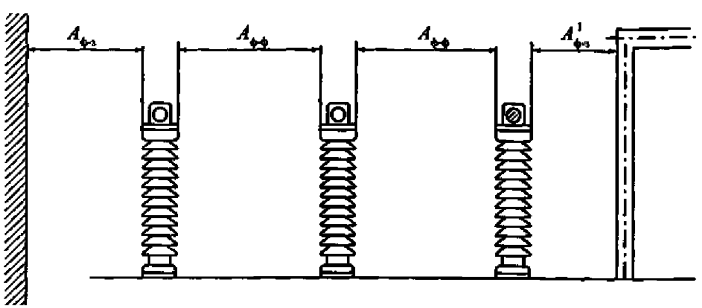


Рисунок 1 – Схема размещения оборудования. Наименьшие расстояния в свету при жестких шинах между токоведущими и заземленными частями ($A_{ф\text{-}з}$, $A^1_{ф-з}$) и между токоведущими частями разных фаз ($A_{ф\text{-}ф}$)

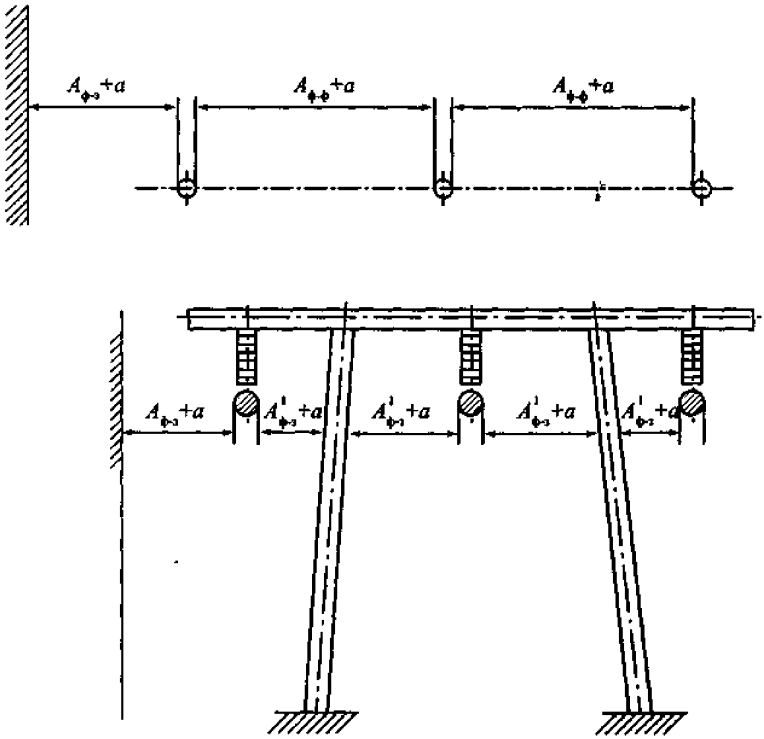


Рисунок 2 – Схема размещения оборудования. Наименьшие расстояния в свету при гибких шинах между токоведущими и заземленными частями и между токоведущими частями разных фаз, расположенными в одной горизонтальной плоскости

Таблица 1 – Наименьшие расстояния в свету от токоведущих частей до различных элементов ОРУ

Номер рисунка	Наименование расстояния	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм, для номинального напряжения, кВ						
			35	110	150	220	330	500	750
1 2 3	От токоведущих частей, элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до протяженных заземленных конструкций и до постоянных внутренних ограждений высотой не менее 2 м, а также до стационарных экранов между ячейками и противопожарных перегородок	$A_{ф\text{-}з}$	400	900	1300	1200	2000	3300	5000
1 2	От токоведущих частей, элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до заземленных конструкций: головка аппарата-опора, провод- стойка, траверса, провод-кольцо, стрежень	$A^1_{ф-з}$	400	900	1300	1200	1800	2700	4500
1 2 9	Между токоведущими частями разных фаз	$A_{ф\text{-}ф}$	440	1000	1400	1600	2200	3400	6500
3 5	От токоведущих частей, элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений высотой до 1,6 м и до транспортируемого оборудования	*Б*	1150	1650	2050	2000	3000	4100	5800
6	Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях при обслуживаемой нижней цепи и не отключенной верхней	*В*	1150	1650	2050	2400	3500	3950	6000
4 10	От не огражденных токоведущих частей до земли или до кровли зданий при наибольшем провисании проводов	*Г*	3 100	3600	4000	3900	4700	6000	7200
6 7	Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях, а также между токоведущими частями разных цепей по горизонтали при обслуживании одной цепи и не отключенной другой	$Д^1$	2400	2900	3300	3200	3800	4700	6500
8 10	От токоведущих частей до верхней кромки внешнего забора или до здания и сооружения	*Д*	2400	2900	3300	3200	4000	5300	6500
9	От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму	Ж	485	1100	1550	1800	2600	3800	6100

	контакту								

Примечания

1 Для элементов изоляции, находящихся под распределенным потенциалом, изоляционные расстояния следует принимать с учетом фактических значений потенциалов в разных точках поверхности. При отсутствии данных о распределении потенциала следует условно принимать прямолинейный закон падения потенциала вдоль изоляции от полного номинального напряжения (со стороны токоведущих частей) до нуля (со стороны заземленных частей).

2 Расстояние от токоведущих частей или элементов изоляции (со стороны токоведущих частей), находящихся под напряжением, до габаритов трансформаторов, транспортируемых по железнодорожным путям, допускается принять менее размера *Б*, но не менее размера $A^1_{ф-з}$.

3 Расстояния $A_{ф-з}$, $A^1_{ф-з}$, и $A_{ф-ф}$ для ОРУ напряжением 220 кВ и выше, расположенных на высоте более 1000,0 м над уровнем моря, должны быть увеличены в соответствии с требованиями государственных стандартов, а расстояния $A_{ф-ф}$, *В* и $Д^1$ должны быть проверены по условиям ограничения жизни и здоровья животных.

4 Для напряжения 750 кВ в таблице даны расстояния $A_{ф-ф}$ между параллельными проводами длиной более 20 м; расстояния $A_{ф-ф}$ между экранами, скрещивающимися проводами, параллельными проводами длиной до 20,0 м для ОРУ напряжением 750 кВ с разрядниками равны 7000 мм, а для ОРУ напряжением 750 кВ с ОПН - 5500 мм.

5 Расстояния в свету от токоведущих частей до различных элементов ОРУ, указаны в случае применения ОПН с защитным уровнем при токе 30/60 мкс с амплитудой 500 А не более 380, 545, 770 и 1180 кВ соответственно для классов напряжения 220, 330, 500 и 750 кВ.

8.18 Наименьшие расстояния в свету:

- при жестких шинах (см. рисунок 1) между токоведущими и заземленными частями и между токоведущими частями разных фаз следует принимать по таблице 1;

- при гибких шинах (см. рисунок 2) следует определять следующим образом:

$$A_{ф-3.Г} = A_{ф-3.Г} + a; \quad (1)$$

$$A^1_{ф-3} = A^1_{ф-3.Г} + a; \quad (2)$$

$$A_{ф-ф.Г} = A_{ф-ф} + a, \quad (3)$$

где $a=f\cdot\sin\alpha$;

f – стрела провеса проводов при температуре плюс 15°С, в метрах;

$\alpha=\mathrm{arctg}P/Q$;

Q - расчетная нагрузка от веса провода на 1,0 м длины провода, в ньютонах на метр;

Р - расчетная линейная ветровая нагрузка на провод (в ньютонах на метр), при этом скорость ветра принимается равной 60 % значения, выбранного при расчете строительных конструкций.

8.19 Наименьшие расстояния от токоведущих частей и изоляторов, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений должны быть не менее приведенных в таблице 1, (рисунок 3);

- по горизонтали - не менее размера *Б* при высоте ограждения 1,6 м и не менее размера $A_{ф-з}$ при высоте ограждения 2,0 м. Второй вариант рекомендуется для применения в стесненных условиях площадки РУ;

- по вертикали - не менее размера, отмеряемого в плоскости ограждения от точки, расположенной на высоте 2,7 м от земли.

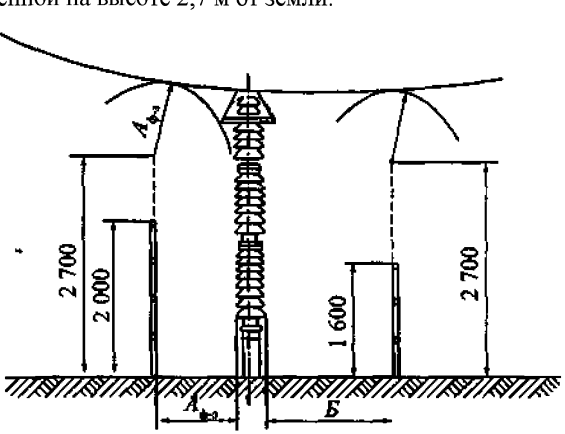


Рисунок 3 - Схема размещения оборудования. Наименьшие расстояния от токоведущих частей и элементов изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений

8.20 Токоведущие части (выводы, шины, спуски и т.п.) могут не иметь ограждений, если они расположены над уровнем планировки или наземных коммуникационных сооружений на высоте не менее значений, соответствующих размеру *Г* по таблице 1 (рисунок 4).

8.21 Разрешается не ограждать аппараты, у которых нижняя кромка фарфора (полимерного материала) изоляторов расположена над уровнем планировки или наземных коммуникационных сооружений на высоте не менее 2,5 м, (см. рисунок 4). При меньшей высоте оборудование должно иметь постоянные ограждения и располагаемые от аппаратов на расстояниях не менее приведенных далее в 8.22.

8.22 Вместо постоянных ограждений допускается устройство козырьков, предотвращающих прикосновение обслуживающего персонала к изоляции и элементам оборудования, находящихся под напряжением.

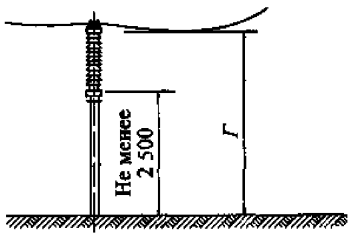


Рисунок 4 - Схема размещения оборудования. Наименьшие расстояния от не огражденных токоведущих частей и от нижней кромки фарфора изоляторов до земли

8.23 Расстояния от не огражденных токоведущих частей до габаритов машин, механизмов и транспортируемого оборудования должны быть не менее размера *Б* по таблице 1 (рисунок 5).

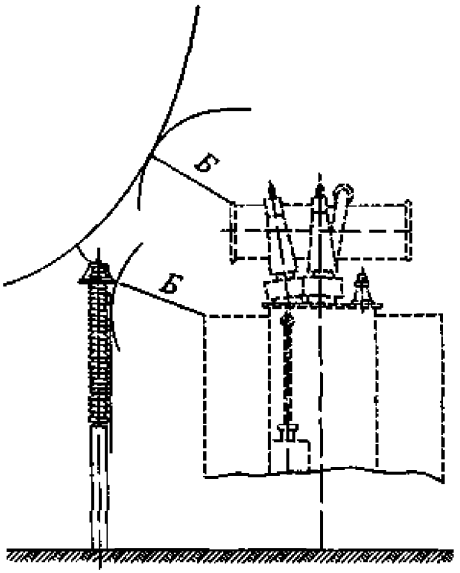


Рисунок 5 - Схема размещения оборудования. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до транспортируемого оборудования

8.24 Расстояния между ближайшими не огражденными токоведущими частями разных цепей должны выбираться из условия безопасного обслуживания одной цепи при не отключенной второй.

8.25 При расположении не огражденных токоведущих частей разных цепей в разных (параллельных или перпендикулярных) плоскостях, расстояния по вертикали должны быть не менее размера B, а по горизонтали – размера $Д^1$ по таблице 1 (рисунок 6). При наличии разных напряжений размеры B и $Д^1$ принимаются по более высокому напряжению.

Размер B определен из условия обслуживания нижней цепи при не отключенной верхней, а размер $Д^1$ - обслуживания одной цепи при не отключенной другой. Если такое обслуживание не предусматривается, расстояние между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях должно приниматься в соответствии с п. 8.18, при этом должна быть учтена возможность сближения проводов в условиях эксплуатации (под влиянием ветра, гололеда, температуры).

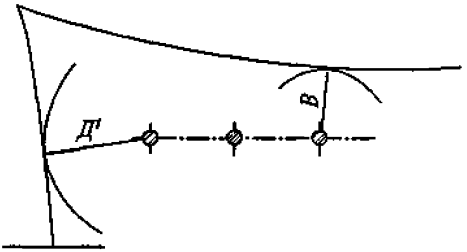


Рисунок 6 - Схема размещения токоведущих частей. Наименьшие расстояния между токоведущими частями разных цепей, расположенными в различных плоскостях с обслуживанием нижней цепи при не отключенной верхней

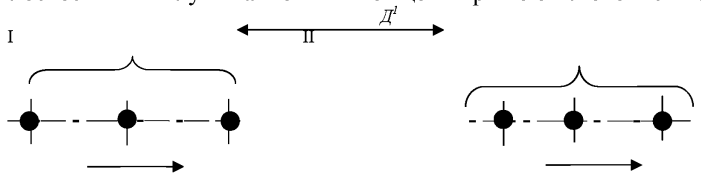


Рисунок 7 – Схема размещения токоведущих частей. Наименьшие расстояния по горизонтали между токоведущими частями разных цепей с обслуживанием одной цепи при неотключенной другой

8.26 Расстояния между токоведущими частями и верхней кромкой внешнего забора должны быть не менее размера *Д* по таблице 1 (рисунок 8).

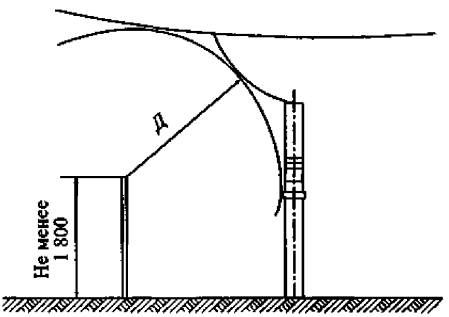


Рисунок 8 - Схема размещения токоведущих частей. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до верхней кромки внешнего ограждения

8.27 Расстояния от подвижных контактов разъединителей в отключенном положении до заземленных частей должны быть не менее размеров $A_{ф-з}$, и $A^1_{ф-з}$; до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту - не менее размера *Ж*; до ошиновки других присоединений - не менее размера $A_{ф-ф}$ по таблице 1 (рисунок 9).

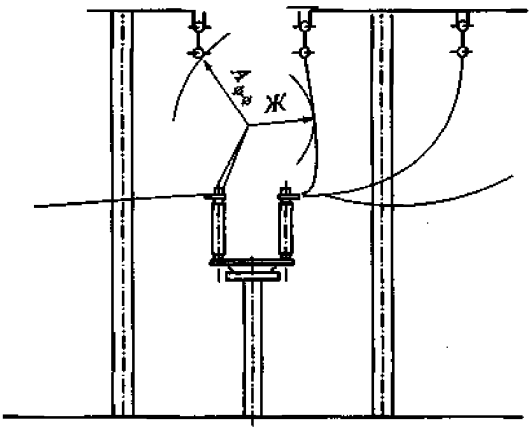


Рисунок 9 - Схема размещения оборудования. Наименьшие расстояния от подвижных контактов разъединителей в отключенном положении до заземленных и токоведущих частей

8.28 Расстояния между токоведущими частями ОРУ и зданиями или сооружениями (ЗРУ, помещение щита управления, трансформаторная башня и др.) по горизонтали должны быть не менее размера *Д* а по вертикали при наибольшем провисании проводов - не менее размера *Г* по таблице 1 (рисунок 10).

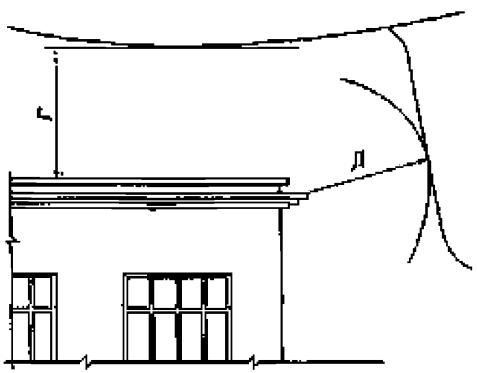


Рисунок 10 - Схема размещения токоведущих частей. Наименьшие расстояния между токоведущими частями и зданиями и сооружениями

8.29 Не допускается прокладка воздушных осветительных линий, воздушных линий связи и цепей сигнализации над и под токоведущими частями ОРУ.

8.30 Расстояния от оборудования ОРУ до зданий ЗРУ и других технологических зданий и сооружений, определяются только технологическими требованиями.

8.31 Расстояния между ОРУ и деревьями должны быть такими, чтобы исключались повреждения оборудования и ошиновки при падении дерева (с учетом роста деревьев за 25 лет).

9 Требования к закрытым распределительным устройствам

9.1 Сооружение ЗРУ напряжением 35-330 кВ следует предусматривать в случаях расположения ЭС (ПС):

- на территории городов, если это диктуется градостроительными соображениями;
- в районах с большими снежными заносами, в зонах сильных промышленных уносов и в прибрежных зонах с сильнозасоленной атмосферой.

9.2 ЗРУ могут располагаться как в отдельно стоящих зданиях, так и быть встроенными или пристроенными.

9.3 В помещениях ЗРУ напряжением 35-330 кВ следует предусматривать стационарные устройства или возможность применения передвижных либо инвентарных грузоподъемных устройств для механизации ремонтных работ и технического обслуживания оборудования.

9.4 ЗРУ разных классов напряжений следует размещать в отдельных помещениях. Это требование не распространяется на КТП 35 кВ и КРУЭ.

9.5 Расстояния в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз, от неизолированных токоведущих частей до заземленных конструкций и ограждений, пола и земли, а также между не огражденными токоведушими частями разных цепей должно быть не менее значений, приведенных в таблице 2.

Гибкие шины в ЗРУ следует проверять на их сближение под действием токов КЗ.

9.6 Расстояния от подвижных контактов разъединителей в отключенном положении до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту, должно быть не менее размера *Ж* по таблице 2.

9.7 Неизолированные токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений (помещены в камеры, ограждены сетками и т.п.).

При размещении неизолированных токоведущих частей вне камер и расположении их ниже размера *Д* по таблице 2 от пола, они должны быть ограждены. Высота прохода под ограждением должна быть не менее 1,9 м.

Токоведущие части, расположенные выше ограждений до высоты 2,3 м от пола, должны располагаться от плоскости ограждения на расстояниях, приведенных в таблице 2 для размера *В*.

Аппараты, у которых нижняя кромка фарфора (полимерного материала) изоляторов расположена над уровнем пола на высоте 2,2 м и более, разрешается не ограждать, если при этом выполнены приведенные выше требования.

9.8 Неогражденные и неизолированные токоведущие части различных цепей, находящиеся на высоте, превышающей размер *Д* по таблице 2, должны быть расположены на таком расстоянии одна от другой, чтобы после отключения какой либо цепи (например, секции шин) было обеспечено ее безопасное обслуживание при наличии напряжения в соседних цепях. В частности, расстояние между не огражденными токоведущими частями, расположенными с двух сторон коридора обслуживания, должно соответствовать размеру *Г* по таблице 2.

9.9 Ширина коридора обслуживания должна обеспечивать удобное обслуживание установки и перемещение оборудования, причем она должна быть не менее (считая в свету между ограждениями): 1,0 м - при одностороннем расположении оборудования; 1,2 м - при двустороннем расположении оборудования.

В коридоре обслуживания, где находятся приводы выключателей или разъединителей, указанные выше размеры должны быть увеличены соответственно до 1,5 и 2,0 м. При двустороннем обслуживании допускается уменьшение ширины коридора до 1,8 м при его длине до 7,0 м.

Таблица 2 - Наименьшие расстояния в свету от токоведущих частей до различных элементов ЗРУ

Наименование расстояния	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм, для номинального напряжения, кВ				
		35	110	150	220	330
От токоведущих частей до заземленных конструкций и частей зданий	$A_{ф-з}$	290	600	800	1200	2000
Между проводниками разных фаз	$A_{ф-ф}$	320	750	1050	1600	2200
От токоведущих частей до сплошных ограждений	*Б*	320	630	830	1230	2030
От токоведущих частей до сетчатых ограждений	*В*	390	700	900	1300	2100
Между не огражденными токоведущими частями разных цепей	*Г*	2200	2800	3000	3400	4200
От не огражденных токоведущих частей до пола	*Д*	2700	3300	3700	3700	5000
От не огражденных выводов из ЗРУ до земли при выходе их не на территорию ОРУ и при отсутствии проезда транспорта под выводами	*Е*	4750	5400	5700	6000	6800
От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту	*Ж*	350	850	1150	1800	2500
От не огражденных кабельных выводов из ЗРУ до земли при выходе кабелей на опору или портал не на территории ОРУ и при отсутствии проезда транспорта под выводами			3200	4000	5300	6500

9.10 При воздушных вводах в ЗРУ, не пересекающих проездов или мест, где возможно движение транспорта и т. п., расстояния от низшей точки провода до поверхности земли должны быть не менее размера *Е* (таблица 2).

При меньших расстояниях от провода до земли, на соответствующем участке под вводом должны быть предусмотрены либо ограждение территории забором высотой 1,6 м, либо горизонтальное ограждение под вводом. При этом расстояние от земли до провода в плоскости забора или на границе ограждения должно быть не менее размера *Е*.

При воздушных вводах, пересекающих проезды или места, где возможно движение транспорта и т.п., расстояния от низшей точки провода до земли следует принимать в соответствии с таблицей 3. (Уточнить по главе 2.5, следует учесть высоту передвигающихся механизмов)

При воздушных выводах из ЗРУ на территорию ОРУ указанные расстояния должны приниматься по таблице 2 для размера *Г*.

Расстояния между смежными линейными выводами двух цепей должны быть не менее значений, приведенных в таблице 2 для размера *Д* если не предусмотрены перегородки между выводами соседних цепей.

На кровле здания ЗРУ в случае неорганизованного водостока над воздушными вводами следует предусматривать козырьки.

Таблица 3 – Наименьшее расстояние по вертикали от воздушных вводов, пересекающих проезды или места, где возможно движение транспорта и т.п., от низшей точки провода до поверхности земли

Наименование показателя	Соответствующее значение				
Класс напряжения воздушных вводов, кВ	35	110	150	220	330
Наименьшие расстояния до поверхности земли, м	7	7	7,5	8	11

9.11 Выходы из ЗРУ следует выполнять исходя из следующих требований:

- при длине ЗРУ от 7,0 до 60,0 м должны быть предусмотрены два выхода по его концам; допускается располагать выходы из ЗРУ на расстоянии до 7,0 м от его торцов;
- при длине ЗРУ более 60,0 м, кроме выходов по концам его, должны быть предусмотрены дополнительные выходы с таким расчетом, чтобы расстояние от любой точки коридора обслуживания до выхода было не более 30,0 м.

Выходы могут быть выполнены наружу, на лестничную клетку, или в другое производственное помещение категорий Г или Д, а также в другие отсеки РУ, отделенные от данного противопожарной дверью 2-го типа с пределом огнестойкости не ниже EI 30 [1] (см. п. 5.14* табл. 2*).

Ворота ЗРУ с шириной створки более 1,5 м должны иметь калитку, если они используются для выхода персонала.

9.12 Полы помещений ЗРУ рекомендуется выполнять по всей площади каждого этажа на одной отметке. Конструкция полов должна исключать возможность образования цементной пыли. Устройство порогов в дверях между отдельными помещениями и в коридорах не допускается (исключения см. 9.14).

9.13 Двери из ЗРУ должны открываться в направлении других помещений или наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа со стороны ЗРУ.

Двери между отсеками одного ЗРУ или между смежными помещениями двух ЗРУ должны иметь устройство, фиксирующее двери в закрытом положении и не препятствующее открыванию дверей в обоих направлениях.

Двери между помещениями (отсеками) ЗРУ разных напряжений должны иметь самозапирающиеся замки и открываться без ключа в сторону ЗРУ с низшим напряжением.

Замки в дверях помещений ЗРУ одного напряжения должны открываться одним и тем же ключом; ключи от входных дверей ЗРУ и других помещений не должны подходить к замкам камер, а также к замкам дверей в ограждениях электрооборудования.

9.14 Трансформаторы напряжения независимо от массы масла в них допускается устанавливать в огражденных камерах ЗРУ. При этом в камере должен быть предусмотрен порог или пандус, рассчитанный на удержание полного объема масла, содержащегося в трансформаторе напряжения.

9.15 Вентиляция помещений ЗРУ должна обеспечивать отвод выделяемого тепла для поддержания допустимого для электрических аппаратов температуры. При невозможности обеспечить теплообмен естественной вентиляцией следует предусматривать принудительную вентиляцию с контролем ее работы.

В местах с низкими зимними температурами приточные и вытяжные вентиляционные отверстия должны быть снабжены утепленными клапанами, открываемые извне.

9.16 В помещениях, в которых дежурный персонал находится 6 ч и более, должна быть обеспечена температура воздуха не ниже плюс 18°С и не выше плюс 28°С.

В ремонтной зоне ЗРУ на время проведения ремонтных работ должна быть обеспечена температура не ниже плюс 5°С.

9.17 При обогреве помещений, в которых имеется элегазовое оборудование, не должны применяться обогревательные приборы с температурой нагревательной поверхности, превышающей 200°С.

9.18 Отверстия в ограждающих конструкциях зданий и помещений после прокладки коммуникаций следует заделывать материалом, обеспечивающим огнестойкость не ниже огнестойкости самой ограждающей конструкции, но не менее EI 45.

9.19 Прочие отверстия в наружных стенах для предотвращения проникновения животных и птиц должны быть защищены сетками или решетками с ячейками размером 10×10 мм.

9.20 Перекрытия кабельных каналов и двойных полов должны быть выполнены съемными плитами из несгораемых материалов вровень с уровнем пола помещения. Масса отдельной плиты перекрытия должна быть не более 50 кг.

9.21 Не допускается прокладка в камерах аппаратов транзитных кабелей и проводов. В исключительных случаях допускается прокладка их в трубах.

Электропроводки освещения и цепей управления и измерения, расположенные внутри камер или же находящихся вблизи неизолированных токоведущих частей, могут быть допущены лишь в той мере, в какой это необходимо для осуществления присоединений (например, к измерительным трансформаторам).

10 Требования к закрытым комплектным элегазовым распределительным устройствам

10.1 Зал КРУЭ, по возможности, должен располагаться на нулевой отметке подстанции. Температура в зале должна поддерживаться в диапазоне от плюс 5^0С до плюс 35°С.

10.2 Ворота в зале КРУЭ, при расположении его на нулевой отметке, должны обеспечивать возможность транспортировки наибольшей по габаритам единицы оборудования в транспортной упаковке, быть механизированными, уплотненными и теплоизолирующими. Целесообразно иметь тамбур между воротами, открывающимися в зал КРУЭ, и внешними воротами.

10.3 При расположении зала КРУЭ на втором этаже в перекрытиях должен быть предусмотрен монтажный проем, размеры которого должны обеспечивать транспортировку наибольшей единицы оборудования в транспортной упаковке. На нулевой отметке должен быть обеспечен заезд грузовой автомашины под монтажный проем.

10.4 При компоновке КРУЭ в ЗРУ должны предусматриваться площадки обслуживания на разных уровнях в случае, если они не поставляются заводом-изготовителем.

10.5 В зале КРУЭ должна быть предусмотрена кран-балка, перекрывающая всю площадь зала, в том числе и монтажный проем. Грузоподъемность кран-балки должна соответствовать транспортной единице элегазового оборудования с наибольшей массой, которое будет установлено в зале КРУЭ.

10.6 В зале КРУЭ должна быть выполнена приточная вентиляция и вытяжная вентиляция с забором воздуха из низших точек зала.

10.7 Приточно-вытяжная вентиляция с забором на уровне пола и на уровне верхней части помещения должна выполняться в помещении, где расположены КРУЭ и баллоны с элегазом.

10.8 Компоновка ЗРУ с КРУЭ должна быть однолинейной, т.е. все три полюса одной ячейки должны располагаться рядом друг с другом.

10.9 Ширина прохода вдоль полюсов ячеек (достаточно со стороны фасада ячеек) для транспортировки газотехнологического оборудования должна быть не менее 3,0 м для РУ напряжением 110 кВ и 4,0 м – для РУ напряжением 220 кВ и выше. Для размещения газотехнологического оборудования и производства работ на оборудовании в зале КРУЭ должна быть предусмотрена площадка. При этом должна быть обеспечена возможность демонтажа и транспортировки КРУЭ.

10.10 Связь между силовыми трансформаторами и элегазовыми РУ должна осуществляться, как правило, кабелем или токопроводом.

10.11 Температура нагревательной поверхности обогревательных приборов не должна превышать 200°С.

11 Требования к заземляющим устройствам распределительных устройств

11.1 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.

11.2 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.

11.3 Для заземления в территориально сближенных электроустановках разных назначений и напряжений следует применять, как правило, одно общее заземляющее устройство.

11.4 Для объединения заземляющих устройств разных электроустановок в одно общее заземляющее устройство следует применять искусственные заземляющие проводники. Их число должно быть не менее двух.

11.5 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.

11.6 При определении сопротивления заземляющих устройств должны быть учтены искусственные и естественные заземлители.

11.7 Заземляющие устройства должны быть механически прочными, термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю.

11.8 Заземляющие устройства электроустановок в сетях с эффективно или глухозаземленной нейтралью следует выполнять с соблюдением одного из двух требований к:

- сопротивлению (см. 11.10);
- напряжению прикосновения (см. 11.16).

При этом должны соблюдаться требования к конструктивному выполнению (см. 11.20–11.24) и к ограничению напряжения на заземляющем устройстве (см. 11.9).

11.9 Напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю не должно превышать 10 кВ. Напряжение выше 10 кВ допускается на заземляющих устройствах, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановок. При напряжении на заземляющем устройстве более 5 кВ должны быть предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса опасных потенциалов за пределы электроустановки.

11.10 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.

11.11 В целях выравнивания электрического потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю на территории, занятой оборудованием, следует прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители и объединять их между собой в заземляющую сетку.

11.12 Продольные заземлители должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине от 0,5 до 0,7 м от поверхности земли и на расстоянии от 0,8 до 1,0 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены друг к другу, а расстояние между основаниями или фундаментами двух рядов не превышает 3,0 м.

11.13 Поперечные заземлители следует прокладывать в удобных местах между оборудованием на глубине от 0,5 до 0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними рекомендуется принимать увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки. При этом первое и последующие расстояния, начиная от периферии, не должны превышать соответственно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 11,0; 13,5; 16,0; 20,0 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и короткозамыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать 6,0×6,0 м.

11.14 Горизонтальные заземлители следует прокладывать по краю территории, занимаемой заземляющим устройством так, чтобы они в совокупности образовывали замкнутый контур.

11.15 Если контур заземляющего устройства располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию следует выравнивать потенциал путем установки двух вертикальных заземлителей, присоединенных к внешнему горизонтальному заземлителю напротив входов и въездов. Вертикальные заземлители должны быть длиной 3-5 м, а расстояние между ними должно быть равно ширине входа или въезда.

11.16 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, раздел 1.

11.17 Для определении значения допустимого напряжения прикосновения в качестве расчетного времени воздействия следует принимать сумму времени действия защиты и полного времени отключения выключателя. При определении допустимых значений напряжений прикосновения у рабочих мест, где при производстве оперативных переключений могут возникнуть КЗ на конструкции, доступные для прикосновения производящему переключения персоналу, следует принимать время действия резервной защиты, а для остальной территории - основной защиты.

Примечание - рабочее место следует понимать как место оперативного обслуживания электрических аппаратов.

11.18 Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей должно определяться требованиями ограничения напряжений прикосновения до нормированных значений и удобством присоединения заземляемого оборудования. Расстояние между продольными и поперечными горизонтальными искусственными заземлителями не должно превышать 30,0 м, а глубина их заложения в грунт должна быть не менее 0,3 м. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест в необходимых случаях может быть выполнена подсыпка щебня слоем толщиной от 0,1 до 0,2 м.

11.19 В случае объединения заземляющих устройств разных напряжений в одно общее заземляющее устройство напряжение прикосновения должно определяться по наибольшему току короткого замыкания на землю.

11.20 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.

11.21 При выходе заземляющего устройства за пределы ограждения электроустановки горизонтальные заземлители, находящиеся вне территории электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1,0 м. Внешний контур заземляющего устройства в этом случае рекомендуется выполнять в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами.

11.22 Для исключения электрической связи внешней ограды с заземляющим устройством расстояние от ограды до элементов заземляющего устройства, расположенных вдоль нее с внутренней, внешней или с обеих сторон, должно быть не менее 2,0 м. Выходящие за пределы ограды горизонтальные заземлители, трубы и кабели с металлической оболочкой или броней и другие металлические коммуникации должны быть проложены посередине между стойками ограды на глубине не менее 0,5 м. В местах примыкания внешней ограды к зданиям и сооружениям, а также в местах примыкания к внешней ограде внутренних металлических ограждений должны быть выполнены кирпичные или деревянные вставки длиной не менее 1,0 м.

11.23 Питание приемников электрической энергии, установленных на внешней ограде, следует осуществлять от разделительных трансформаторов. Эти трансформаторы не допускается устанавливать на ограде. Линия, соединяющая вторичную обмотку разделительного трансформатора с электроприемником, расположенным на ограде, должна быть изолирована от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве.

11.24 Если выполнение хотя бы одного из указанных мероприятий невозможно, то металлические части ограды следует присоединить к заземляющему устройству и выполнить выравнивание потенциалов так, чтобы напряжение прикосновения с внешней и внутренней сторон ограды не превышало допустимых значений. При выполнении заземляющего устройства по допустимому сопротивлению с этой целью должен быть проложен горизонтальный заземлитель с внешней стороны ограды на расстоянии 1,0 м от нее и на глубине 1,0 м. Этот заземлитель следует присоединять к заземляющему устройству не менее чем в четырех точках.

11.25 Если заземляющее устройство электроустановки с эффективно или глухо заземленной нейтралью соединено с заземляющим устройством другой электроустановки при помощи кабеля с металлической оболочкой или броней или других металлических связей, то для выравнивания потенциалов вокруг указанной другой электроустановки или здания, в котором она размещена, необходимо соблюдение одного из следующих условий:

- прокладка в земле на глубине 1,0 м и на расстоянии 1,0 м от фундамента здания или от периметра территории, занимаемой оборудованием, заземлителя, соединенного с системой уравнивания потенциалов этого здания или этой территории, а у входов и у въездов в здание - укладка проводников на расстоянии

1,0 и 2,0 м от заземлителя на глубине 1,0 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;

- использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей в соответствии с 11.28–11.29.

11.26 Заземляющие устройства электроустановок с эффективно или глухо заземленной нейтралью в районах с большим удельным сопротивлением земли, в том числе в районах многолетней мерзлоты, рекомендуется выполнять с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения (см. 11.16).

В скальных грунтах допускается прокладывать горизонтальные заземлители на меньшей глубине, чем этого требуют 11.18–11.24, но не менее чем 0,15 м. Кроме того, допускается не выполнять требуемые вертикальные заземлители у входов и у въездов (см. 11.15).

11.27 В электрических сетях с изолированной нейтралью для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом·м, если мероприятия, предусмотренные в 11.26, 11.32-11.33, не позволяют получить приемлемые по экономическим соображениям заземлители, допускается повысить требуемые настоящей главой значения сопротивлений заземляющих устройств в $0{,}002 \cdot \rho$ раз,

где ρ – эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м.

При этом увеличение требуемых настоящей главой сопротивлений заземляющих устройств должно быть не более десятикратного.

11.28 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 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.

Примечание – Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при количестве кабелей не менее двух.

Учитывать алюминиевые оболочки кабелей при определении сопротивлений заземлителей не допускается.

11.29 Не следует использовать в качестве заземлителей железобетонные конструкции сооружений с предварительно напряженной арматурой, однако это ограничение не распространяется на опорные конструкции ОРУ.

11.30 Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей и трубопроводов канализации и центрального отопления.

11.31 С целью уравнивания потенциалов трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей и трубопроводов канализации и центрального отопления должны быть присоединены к заземляющему устройству.

11.32 При сооружении искусственных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением земли должны быть выполнены следующие мероприятия:

- при условии снижения удельного сопротивления с глубиной и отсутствии естественных углубленных заземлителей (например, скважины с металлическими обсадными трубами) – длина вертикальных заземлителей должна быть выбрана таким образом, чтобы достичь слоев грунта с низким удельным сопротивлением;
- при условии снижения удельного сопротивления грунта вблизи (до 2 км) от электроустановки - сооружение выносных заземлителей;
- укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных грунтах влажного глинистого грунта с последующей трамбовкой и засыпкой щебнем до верха траншеи;
- применение искусственной обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления, если другие способы не могут быть применены или не дают необходимого эффекта.

11.33 В районах многолетней мерзлоты, кроме мероприятий, приведенных в п. 11.32, следует:

- помещать заземлители в непромерзающие водоемы и талые зоны;
- использовать обсадные трубы скважин;
- в дополнение к углубленным заземлителям применять протяженные заземлители на глубине около 0,5 м, предназначенные для работы в летнее время при оттаивании поверхностного слоя земли;
- создавать искусственные талые зоны.

11.34 Искусственные заземлители могут быть из черной или оцинкованной стали или медными.

Искусственные заземлители не должны иметь окраски.

11.35 Сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок следует выбирать по условию термической стойкости при допустимой температуре нагрева 400°С (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия защиты и отключения выключателя).

11.36 Сечения заземляющих проводников должны быть выбраны такими, чтобы при протекании по ним наибольшего тока однофазного КЗ в электроустановках с эффективно заземленной нейтралью или тока двухфазного КЗ в электроустановках с изолированной нейтралью температура заземляющих

проводников не превысила 400°С (кратковременный нагрев, соответствующий полному времени действия защиты и отключения выключателя).

11.37 В случае опасности коррозии заземляющих устройств следует выполнить одно из следующих мероприятий:

- увеличить сечения заземлителей и заземляющих проводников с учетом расчетного срока их службы;
- применить заземлители и заземляющие проводники с гальваническим покрытием или медные.

При этом следует учитывать возможное увеличение сопротивления заземляющих устройств, обусловленное коррозией.

11.38 Траншеи для горизонтальных заземлителей должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

11.39 Заземлители не следует располагать в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т.п.

12 Требования к прокладке кабелей

12.1 Основные требования к прокладке кабельных линий в зависимости от классов напряжений изложены в СТО 70238424.29.240.20.008-2009 и СТО 70238424.29.240.20.010-2011

12.2 Кабельные потоки от распределительных устройств различных напряжений, а также от присоединений подключенных к разным секциям распределительного устройства одного напряжения должны прокладываться в отдельных лотках или каналах.

12.3 На ОРУ кабели должны прокладываться в каналах, лотках или тоннелях необходимой прочности и долговечности.

Применение кабельных тоннелей должно иметь специальное обоснование. Не следует применять лотки в местах проезда механизмов для производства ремонтных работ между фазами оборудования.

При применении лотков должен обеспечиваться проезд по ОРУ и подъезд к оборудованию машин и механизмов, необходимый для выполнения ремонтных и эксплуатационных работ.

Для обеспечения проезда механизмов должны предусматриваться переезды с сохранением расположения лотков на одном уровне.

12.4 Во всех кабельных сооружениях следует предусматривать объем для дополнительной прокладки кабелей порядка 15 % от количества, предусмотренного на расчетный период.

12.5 Кабели должны применяться с изоляцией, не распространяющей горение.

12.6 Места входа кабелей в помещения ЗРУ и в помещения щитов управления и защиты ОРУ должны иметь перегородки с пределом огнестойкости не менее EI 45.

12.7 Кабельные шахты должны быть отделены от кабельных туннелей, этажей и других кабельных сооружений несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее EI 45 и иметь перекрытия вверху и внизу. Протяженные шахты при проходе через перекрытия, но не реже чем через 20,0 м должны делиться на отсеки несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее EI 45.

12.8 Замена силовых и контрольных кабелей, находящихся в неудовлетворительном состоянии осуществляется с учетом фактического состояния и результатов профилактических испытаний.

13 Требования к защите от грозовых перенапряжений

13.1 Оборудование РУ должно быть защищено от грозовых перенапряжений:

- от прямых ударов молнии - стержневыми и тросовыми молниеотводами;
- от набегающих грозовых волн:

а) тросовыми молниеотводами на определенной длине отходящих линий электропередачи (защита подходов ВЛ);

б) защитными аппаратами, устанавливаемыми на подходах ВЛ и территории РУ.

Кроме этого, необходимо учитывать требования СТО 70238424.29.240.99.005-2011 и СТО 70238424.29.240.99.006-2011

13.2 ОРУ и здания ЗРУ напряжением 35-750 кВ должны быть защищены от прямых ударов молнии.

13.3 Допускается не выполнять защиту от прямых ударов молнии для:

- ОРУ напряжением 35 кВ в районах с числом грозовых часов в году не более 20;
- ОРУ напряжением 220 кВ и ниже на площадках с эквивалентным удельным сопротивлением земли в грозовой сезон более 2000 Ом·м при числе грозовых часов в году не более 20;
- зданий ЗРУ в районах с числом грозовых часов в году не более 20.

13.4 Защита ОРУ напряжением 35 кВ и выше от прямых ударов молнии должна быть выполнена отдельно стоящими или установленными на конструкциях стержневыми молниеотводами.

Рекомендуется использовать защитное действие высоких объектов, которые являются молниеприемниками (опоры ВЛ, прожекторные мачты, радиомачты и т.п.).

На конструкциях ОРУ напряжением 110 кВ и выше стержневые молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон:

- до 1 000 Ом·м, независимо от площади заземляющего устройства ОРУ;
- более 1 000 до 2 000 Ом·м, при площади заземляющего устройства ОРУ 10 000 м^2 и более.

Установка молниеотводов на конструкциях ОРУ напряжением 35 кВ допускается при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон:

- до 500 Ом·м, независимо от площади заземляющего контура ОРУ;
- более 500 Ом·м, при площади заземляющего контура ОРУ 10000 м^2 и более.

13.5 От стоек конструкций ОРУ напряжением 35 кВ и выше с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по заземляющим проводникам не менее чем в двух направлениях с углом не менее 90° между ними. Кроме того, должно быть установлено не менее одного вертикального электрода длиной от 3,0 до 5,0 м на каждом направлении, на расстоянии не менее длины электрода от места присоединения к заземляющим проводникам стойки с молниеотводом.

13.6 При использовании прожекторных мачт в качестве молниеотводов электропроводку к ним на участке от точки выхода из кабельного сооружения до мачты и далее по ней следует выполнять кабелями с металлической оболочкой либо кабелями без металлической оболочки, но в металлических в трубах. Около конструкции с молниеотводом эти кабели должны быть проложены непосредственно в земле на протяжении не менее 10,0 м.

В месте ввода кабелей в кабельное сооружение металлическая оболочка кабелей, броня и металлическая труба должны быть соединены с заземляющим устройством ОРУ.

13.7 Защиту от прямых ударов молнии зданий ЗРУ следует выполнять для:

13.7.1 Зданий ЗРУ, имеющих металлические покрытия кровли, заземлением этих покрытий. При наличии железобетонной кровли и непрерывной электрической связи отдельных ее элементов защита выполняется заземлением ее арматуры.

13.7.2 Зданий ЗРУ, крыша которых не имеет металлических или железобетонных покрытий с непрерывной электрической связью отдельных ее элементов - стержневыми молниеотводами, либо укладкой молниеприемной сетки непосредственно на крыше зданий.

13.8 Молниеприемная сетка должна быть выполнена из стальной проволоки диаметром от 6 до 8 мм и уложена на кровлю непосредственно на или под слой негорючего утеплителя, или гидроизоляции. Сетка должна иметь размеры ячейки 6,0×6,0 м. Узлы сетки должны быть соединены сваркой.

13.9 Токоотводы, соединяющие молниеприемную сетку с заземляющим устройством, должны быть проложены не реже чем через каждые 25,0 м по периметру здания.

13.10 При установке стержневых молниеотводов на защищаемом здании от каждого молниеотвода должно быть проложено не менее двух токоотводов по противоположным сторонам здания.

В качестве токоотводов следует использовать металлические и железобетонные (при наличии хотя бы части ненапряженной арматуры) конструкции зданий. При этом должна быть обеспечена непрерывная электрическая связь от молниеприемника до заземлителя.

13.11 Защиту от прямых ударов молнии ОРУ, на конструкциях которых установка молниеотводов не допускается или нецелесообразна по конструктивным соображениям, следует выполнять отдельно стоящими молниеотводами, имеющими обособленные заземлители с сопротивлением не более 80 Ом при импульсном токе 60 кА.

13.12 Расстояние по воздуху от конструкций ОРУ, на которых установлены молниеотводы, до токоведущих частей должно быть не менее длины гирлянды.

13.13 Если зоны защиты стержневых молниеотводов не закрывают всю территорию ОРУ, дополнительно используют тросовые молниеотводы.

13.14 Место присоединения конструкции со стержневым или тросовым молниеотводом к заземляющему устройству ОРУ должно быть расположено на расстоянии не менее 15,0 м по заземляющим проводникам от места присоединения к нему трансформаторов или реакторов.

13.15 Защита ВЛ классов напряжений 35 кВ и выше от прямых ударов молнии на подходах к РУ должна быть выполнена тросовыми молниеотводами в соответствии с таблицей 6.

Допускается увеличение по сравнению с приведенными в таблице 6 сопротивлений заземляющих устройств опор на подходах ВЛ напряжением 35 кВ и выше к ОРУ при числе грозовых часов в году не менее 20 - в полтора раза; менее 10 - в три раза.

13.16 В особо гололедных районах и в районах с эквивалентным удельным сопротивлением земли более 1000 Ом·м допускается выполнение защиты подходов ВЛ к РУ отдельно стоящими стержневыми молниеотводами, сопротивление заземлителей которых не нормируется.

13.17 Тросовые молниеотводы ВЛ напряжением 110 кВ и выше следует присоединять к заземленным конструкциям ОРУ.

От стоек конструкций ОРУ напряжением 110-220 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы, должны быть выполнены заземляющие проводники не менее чем по двум-трем направлениям с углом не менее 90° между ними.

13.18 Тросовые молниеотводы, защищающие подходы ВЛ напряжением 35 кВ, разрешается присоединять к заземленным конструкциям ОРУ при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон:

- до 750 Ом·м – независимо от площади заземляющего контура ОРУ;
- более 750 Ом·м - при площади заземляющего контура ОРУ 10000 м^2 и более.

От стоек конструкций ОРУ напряжением 35 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы, заземляющие проводники должны быть выполнены не менее чем по двум-трем направлениям с углом не менее 90° между ними. Кроме того, на каждом направлении должно быть установлено по одному вертикальному электроду длиной от 3,0 до 5,0 м на расстоянии не менее 5,0 м.

13.19 Тросовые молниеотводы на подходах ВЛ 35 кВ к тем ОРУ, к которым не допускается их присоединение, должно заканчиваться на ближайшей к ОРУ опоре. Первый от ОРУ бестросовый пролет этих ВЛ должен быть защищен стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми на ОРУ, опорах ВЛ или около ВЛ.

13.20 Расстояние S_3 (в метрах), между обособленным заземлителем молниеотвода и заземляющим устройством ОРУ должно быть больше, чем $0{,}2 \cdot R_и$ (но не менее 3,0 м), где $R_и$ - импульсное сопротивление заземления отдельно стоящего молниеотвода, Ом.

13.21 Расстояние по воздуху $S_{в.о.}$, м, от отдельно стоящего молниеотвода с обособленным заземлителем до токоведущих частей, заземленных конструкций и оборудования ОРУ должно больше, чем $0{,}12 \cdot R_и + 0{,}1 \cdot H$, (но не менее 5,0 м), где H - высота рассматриваемой точки на токоведущей части или оборудовании над уровнем земли, в метрах.

13.22 Заземлители отдельно стоящих молниеотводов в ОРУ могут быть присоединены к заземляющему устройству ОРУ при соблюдении указанных в п. 13.4 условий установки молниеотводов на конструкциях ОРУ.

13.23 Заземлители молниеотводов, установленных на прожекторных мачтах, должны быть присоединены к заземляющему устройству ОРУ.

В случае несоблюдения условий, указанных в п. 13.4 дополнительно к общим требованиям присоединения заземлителей отдельно стоящих молниеотводов должны быть соблюдены следующие требования:

- в радиусе 5,0 м от молниеотвода следует установить три вертикальных электрода длиной от 3,0 до 5,0 м;
- если расстояние по заземляющим проводникам от места присоединения заземлителя молниеотвода к заземляющему устройству ОРУ до места присоединения к нему трансформатора или реактора превышает 15 м, но менее 40,0 м, то на выводах обмоток напряжением до 35 кВ трансформатора должны быть установлены ОПН.

13.24 Расстояние по воздуху $S_{в.с}$ от отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель которого соединен с заземляющим устройством ОРУ, до токоведущих частей должно больше:

$$S_{в.с} > 0{,}1 \cdot H + m, \qquad (4)$$

где H — высота токоведущих частей над уровнем земли, в метрах;

m - длина гирлянды изоляторов, в метрах.

13.25 Сопротивление заземлителей ближайших к ОРУ опор ВЛ напряжением 35 кВ не должно превышать 10 Ом.

13.26 Если выполнение заземлителей с требуемыми сопротивлениями заземления оказывается невозможным, должны быть применены горизонтальные заземлители, прокладываемые вдоль оси ВЛ от опоры к опоре (заземлители - противовесы) и соединяемые с заземлителями опор.

13.27 Гирлянды подвесной изоляции на порталах ОРУ напряжением 35 кВ с тросовыми или стержневыми молниеотводами, а также на концевых опорах ВЛ должны иметь следующее количество изоляторов:

- на порталах ОРУ с молниеотводами:

а) не менее шести изоляторов при расположении ОПН не далее 15 по заземляющим проводникам устройства от места присоединения к нему;

б) не менее семи изоляторов в остальных случаях;

- на концевых опорах:

а) не менее семи изоляторов при подсоединении к порталам троса ВЛ;

б) не менее восьми изоляторов, если трос не заходит на конструкции РУ и при установке на концевой опоре стержневого молниеотвода.

13.28 На ОРУ напряжением 35 кВ, работающих в третьей или четвертой степени загрязнения в соответствии с ГОСТ 9920, число изоляторов на концевых опорах должно быть увеличено.

13.29 При установке молниеотводов на концевых опорах ВЛ напряжением 110 кВ и выше специальных требований к выполнению гирлянд изоляторов не предъявляется.

13.30 На первой опоре тросового подхода ВЛ классов напряжений от 35 до 220 кВ к ОРУ, считая со стороны линии, должен быть установлен комплект ограничителей перенапряжения ОПН с наибольшим длительно допустимым рабочим напряжении от 5 до 10 % выше наибольшего значения таблицы 5 в следующих случаях:

- линия по всей длине, включая подход, построена на деревянных опорах;
- линия построена на деревянных опорах, подход линии - на металлических или железобетонных опорах.

13.31 Установка ОПН в начале тросовых подходов ВЛ, на металлических или железобетонных опорах по всей длине, не требуется.

13.32 Сопротивления заземляющего устройства опор с ограничителями перенапряжений должны быть не более 10 Ом при удельном сопротивлении земли не выше 1000 Ом·м и не более 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении. На деревянных опорах заземляющие спуски от этих аппаратов должны быть проложены по двум стойкам или с двух сторон одной стойки.

13.33 На ВЛ классов напряжений от 35 до 110 кВ, которые имеют защиту тросом не по всей длине и в грозовой сезон могут быть длительно отключены с

одной стороны следует устанавливать комплект ОПН с наибольшим длительно допустимым рабочим напряжением от 5 до 10 % выше наибольшего значения приведенного в таблице 5 на входных порталах или на первой от ОРУ опоре того конца ВЛ, который может быть отключен. При наличии на отключенном конце ВЛ трансформаторов напряжения должны быть установлены ОПН.

Расстояние от ОПН до отключенного конца линии (аппарата) должно быть не более 60,0 м для ВЛ класса напряжения 110 кВ и не более 40,0 м для ВЛ класса напряжения 35 кВ.

13.34 На ВЛ с изоляцией, усиленной по условию загрязнения атмосферы, если начало защищенного подхода к ОРУ в соответствии с таблицей 6 находится в зоне усиленной изоляции, на первой опоре защищенного подхода должен устанавливаться комплект защитных аппаратов.

13.35 Основные параметры ОПН:

- наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение;
- номинальный разрядный ток;
- защитный уровень при номинальном разрядном токе;
- длительность допустимых повышений напряжений.

13.35.1 Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение следует выбирать от 2 до 5 % выше наибольшего рабочего напряжения сети, в которой он установлен. Диапазоны рекомендуемых значений наибольших длительно допустимых рабочих напряжений приведены в таблице 4.

13.35.2 Номинальный разрядный ток должен быть не ниже приведенных в таблице 4 значений.

13.35.3 Защитный уровень выбирается с учетом координации с изоляцией защищаемого оборудования;

Таблица 4 - Рекомендуемые наибольшие длительно допустимые рабочие напряжения ОПН

Класс напряжения, кВ	35	110	150	220	330	500	750
Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение, кВ	40,5	73-88	100-110	146-176	210-230	318-333	455-475
Номинальный разрядный ток, не ниже	5	10				20	

13.35.4При выборе типа ОПН длительность допустимых повышений напряжения на ОПН следует сопоставить с временем действия резервных релейных защит при однофазном замыкании на землю, одностороннем включении линии, переходном резонансе на высших гармониках и восстанавливающемся напряжением в цикле ОАПВ, установке ОПН в ячейках линейных присоединений.

Если расчетные повышения напряжения при определенных длительностях превышают нормированные для ОПН (таблица 4), то следует выбрать ОПН с более высоким значением наибольшего длительно допустимого рабочего напряжения.

13.36 В районах, имеющих не более 60 грозовых часов в году, допускается не выполнять защиту тросом подхода ВЛ напряжением 35 кВ к ОРУ напряжением 35 кВ с двумя трансформаторами мощностью до 1.6 МВА каждый или с одним трансформатором мощностью до 1,6 МВА и наличием резервного питания потребителей электроэнергии.

При этом металлические опоры подхода ВЛ к ОРУ на длине не менее 0,5 км должны иметь заземлители с сопротивлением, указанным в таблице 5. При выполнении ВЛ на деревянных опорах, кроме того, требуется на подходе длиной 0,5 км присоединять крепления изоляторов к заземлителю опор и устанавливать на первой опоре подхода со стороны ВЛ комплект ОПН с наибольшим длительно допустимым рабочим напряжении на 5-10 % выше наибольшего значения по таблице 4.

13.37 При вводе ВЛ в ЗРУ через проходные изоляторы, расположенные на расстоянии менее 10,0 м от токопроводов и других связанных с ним токоведущих частей, указанные вводы должны быть защищены ОПН.

13.38 На ВЛ, работающих на пониженном относительно класса изоляции напряжении, на первой опоре защищенного подхода ее к ОРУ, считая со стороны линии, в зависимости от удаления ОПН от защищаемого оборудования, должны быть установлены комплекты ОПН с наибольшим длительно допустимым рабочим напряжении на 5-10 % выше наибольшего значения по таблице 4.

Допускается шунтировать перемычками часть изоляторов в гирляндах на нескольких смежных опорах (при отсутствии загрязнения изоляции промышленными, солончаковыми, морскими и другими уносами). Число изоляторов в гирляндах, оставшихся не зашунтированными, должно соответствовать рабочему напряжению.

13.39 Количество и места установки ОПН в РУ следует выбирать, исходя из принятых на расчетный период схем электрических соединений, числа ВЛ и трансформаторов.

13.40 Расстояние от ОПН до защищаемого оборудования определяется с учетом параметров ОПН, требуемого уровня ограничения перенапряжений, схемы РУ, числа отходящих ВЛ и длины подхода ВЛ.

13.41 Расстояния по ошиновке, включая ответвления, от ОПН до оборудования следует выбирать с помощью лицензированный программы расчета переходных процессов в электрических цепях с учетом координации их защитных характеристик с изоляцией защищаемого оборудования.

Ориентировочно расстояние до защищаемого ОПН оборудования можно определить:

- для защиты оборудования с уровнем изоляции «б» по формуле:

$$L_{опн} = L_{норм.} \frac{U_{исп.б} - U_{опн}}{U_{исп.б} - U_{норм.}}, \quad (5)$$

- для защиты оборудования с уровнем изоляции «а» по формуле:

$$L_{опн} = L_{норм.} \frac{U_{исп.а} - U_{опн}}{U_{исп.а} - U_{норм.}}, \quad (6)$$

где $U_{исп.а}$, $U_{исп.б}$, - испытательные напряжения полного грозового импульса защищаемого оборудования, для изоляции категорий «а» и «б» по ГОСТ 1516.3, раздел 4, п.4.5.1, таблицы 2-4, в киловольтах.

Таблица 5 - Защита ВЛ от прямых ударов молнии на подходах к ОРУ

Номинальное напряжение (класс напряжения) ВЛ, кВ	Подходы ВЛ на опорах с горизонтальным расположением проводов			Подходы ВЛ на опорах с негоризонтальным расположением проводов			Наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства опор, Ом, при эквивалентном удельном сопротивлении земли, Ом·м [1)]		
	Длина защищенного подхода, км	Число тросов, шт.	Защитный угол троса, град.	Длина защищенного подхода, км	Кол-во тросов, шт.	Защитный угол троса, град.	До 100	Более 100 до 500	Более 500
35	1-2	2	30°	1-2	1-2	30°	10	15	20
110	1-3	2	20°[2)]	1-3	1-2	20°[2)]	10	15	20[3)]
150	2-3	2	20°[2)]	2-3	1-2	20°[2)]	10	15	20[3)]
220	2-3	2	20°	2-3	2	20°[2)]	10	15	20[3)]
330	2-4	2	20°	2-4	2	20°	10	15	20[3)]
500	3-4	2	25°	-	-	-	10	15	20[3)]
750	4-5	2	20°-22°	-	-	-	10	15	20[3)]

Примечания:

[1)] На подходах ВЛ напряжением 110-330 кВ с двухцепными опорами заземляющие устройства опор рекомендуется выполнять с сопротивлением вдвое меньшим указанного в таблице 6.

[2)] На железобетонных опорах допускается угол защиты до 30°.

[3)] Для опор с горизонтальным расположением проводов, устанавливаемых в земле с эквивалентным удельным сопротивлением более 1 000 Ом·м, допускается сопротивление заземляющего устройства 30 Ом.

При сопротивлении заземления опор подходов ВЛ напряжением 110-220 кВ более 10 Ом для сохранения надежности грозозащиты оборудования ЭС(ПС) необходимо на основе расчетов либо сократить расстояние до защищаемого оборудования, либо установить дополнительный ОПН на входе в ОРУ или шинах напряжением 110-220 кВ.

13.42 В цепях шунтирующих реакторов ОПН должны быть установлены без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. Защитные аппараты при нахождении оборудования под напряжением должны быть постоянно включены.

13.43 Оболочки кабельных линий должны быть заземлены на обоих концах. Если это невозможно для однофазных кабелей из-за сокращения нагрузочной способности кабелей, незаземленный конец кабельной оболочки следует защитить ОПН. Номинальное напряжение ОПН должно быть выше индуцированного напряжения между оболочкой и землей при максимальном токе замыкания. Это определяет наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение. Номинальный разрядный ток должен быть таким же, как для ОПН

фаза-земля по концам кабеля. Защитный уровень должен быть как можно более низким.

13.44 Кабельные вставки классов напряжений от 35 до 220 кВ (на ОРУ с воздушными линиями, ОРУ с кабельными заходами, ЗРУ) при их длине менее 1,5 км должны быть защищены с обеих сторон защитными аппаратами. Кабели классов напряжений от 35 до 220 кВ защищаются ОПН. При длине кабеля 1,5 км и более на ВЛ с металлическими и железобетонными опорами установка ограничителей по концам кабеля не требуется.

13.45 Расстановка ОПН в случае применения КРУЭ:

- если КРУЭ имеет ввод элегаз-воздух, то в любой точке между вводом воздушной линии в КРУЭ и последней опорой (порталом) устанавливается ОПН для защиты от набегающих грозовых волн с ВЛ. Если КРУЭ подключается к трансформатору, то второй комплект ОПН, при необходимости, устанавливается непосредственно у трансформатора. Расстояние от ОПН до трансформатора определяется в соответствии с п. 13.42;
- в случае применения кабельных линий (ввод КРУЭ) или кабельных вставок ОПН устанавливается в месте перехода кабеля в воздушную линию. Параметры ОПН определяются расчетом с учетом, расстояний до защищаемого оборудования и обеспечения необходимого уровня защиты оборудования, как от грозовых, так и от коммутационных перенапряжений;
- если КРУЭ подключено к трансформатору, то расчетным путем должно быть показано, что установка ОПН на входе в КРУЭ обеспечивает уровень ограничения грозовых перенапряжений на 15 % ниже испытательного полного грозового импульса трансформатора. Если это условие не выполняется, то требуется установка второго комплекта ОПН непосредственно в КРУЭ.
- если расчетом показано, что требуется защита трансформатора не только от грозовых, но и коммутационных перенапряжений, то устанавливается второй комплект ОПН в КРУЭ между трансформатором и коммутационным аппаратом.

13.46 Ответвление от ВЛ, выполняемое на металлических и железобетонных опорах, должно быть защищено тросом по всей длине, если оно присоединено к ВЛ, защищенной тросом по всей длине. При выполнении ответвлений на деревянных опорах в месте их присоединений к ВЛ должен быть установлен комплект защитных аппаратов.

14 Требования к защите от внутренних перенапряжений

14.1 Электрические сети напряжением 35 кВ должны работать с изолированной, заземленной через дугогасящий реактор (ДГР) или резистор нейтралью. В электрических сетях напряжением 35 кВ с компенсацией емкостного тока замыкания на землю степень несимметрии емкостей фаз относительно земли не должна превышать 0.75 %. Выравнивание емкостей фаз относительно земли должно осуществляться транспозицией проводов и распределением конденсаторов высокочастотной связи. Число дугогасящих реакторов и места их установки должны определяться для нормального режима

работы сети с учетом возможных делений ее части и вероятных аварийных режимов.

14.2 В электрических сетях напряжением 35 кВ с изолированной нейтралью следует принимать меры для предотвращения феррорезонансных процессов и самопроизвольных смещений нейтрали.

14.3 В сетях 330, 500 и 750 кВ в зависимости от схемы сети, количества линий и трансформаторов следует предусматривать меры по ограничению длительных повышений напряжения и внутренних перенапряжений. Необходимость ограничения квазиустановившихся и внутренних перенапряжений и параметры средств защиты от них определяются на основании расчетов перенапряжений.

14.3.1 Напряжение на электрооборудовании не должно превышать допустимого уровня в соответствии с ГОСТ 1516.3, раздел 4, п. 4.5.1, таблицы 2-4, как в нормальных, так и в аварийных режимах работы сети.

14.3.2 Ограничение длительных повышений напряжения должно осуществляться за счет установки шунтирующих и компенсационных реакторов, схемных мероприятий, системной и противоаварийной автоматики, в частности автоматики от повышения напряжения.

14.3.3 Для ограничения повышений напряжения при одностороннем включении ВЛ напряжением 500-750 кВ необходима установка ШР на линии. Число ШР и их расстановка выбирается исходя из условия ограничения напряжений при одностороннем включении ВЛ не превышающий значений по ГОСТ 1516.3.

14.3.4 ШР должны подключаться к линии через коммутационные аппараты и лишь в редких случаях без них. Рекомендуется для подключения ШР применять элегазовые выключатели.

14.3.5 Коммутационные перенапряжения на шинах РУ 330, 500 и 750 кВ должны быть ограничены в соответствии с уровнем изоляции оборудования.

С целью ограничения опасных для оборудования коммутационных перенапряжений следует применять ОПН, выключатели с предвключаемыми резисторами или другие средства, а также сочетания их с мероприятиями по ограничению длительных повышений напряжения.

14.4 Если расчеты показывают, что на отключенной в режиме ОАПВ фазе ВЛ с ШР возможны резонансные повышения напряжения, то следует либо отключить часть ШР в паузу ОАПВ, либо в нейтраль ШР подключить нулевой реактор. Значение сопротивления нулевого реактора для ликвидации резонанса определяется расчетом.

14.5 Для РУ напряжением 110-500 кВ должны предусматриваться технические решения, исключающие возможность появления феррорезонансных перенапряжений, возникающих при последовательных включениях электромагнитных трансформаторов напряжения и емкостных делителей напряжения выключателей.

Для предотвращения появления феррорезонансных перенапряжений рекомендуется:

- применение выключателей без емкостных делителей напряжения;
- применение антирезонансных трансформаторов напряжения (типа НАМИ);
- применение емкостных трансформаторов напряжения (НДЕ). В РУ напряжением 500 кВ рекомендуется применение емкостных трансформаторов напряжения при установке выключателей с суммарной емкостью делителей напряжения 500 пФ и более.

14.6 При наличии в РУ электромагнитных трансформаторов напряжения типа НКФ и выключателей с емкостными делителями напряжения в случае необходимости следует предусматривать специальные мероприятия по предотвращению или подавлению феррорезонанса.

К этим решениям относится:

- увеличение емкости ошиновки РУ путем установки на шинах дополнительных конденсаторов, например конденсаторов связи. Суммарная емкость их определяется расчетом и должна быть достаточной для вывода схемы из зоны, опасной с точки зрения феррорезонанса. Подключаться конденсаторы к шинам должны без выключателей;
- введение запрета на отключение одной из ВЛ, отходящей от шин РУ и отключенной с противоположной стороны, либо на отключение трансформатора или автотрансформатора у которого предварительно отключено напряжение со стороны обмоток НН. Трансформатор должен иметь заземленную нейтраль обмотки, присоединенной к отключаемым шинам;
- замена при необходимости электромагнитных трансформаторов напряжения типа НКФ на трансформаторы напряжения типа НАМИ или емкостные трансформаторы напряжения типа НДЕ.

15 Требования биологической защиты от воздействия электрических и магнитных полей

15.1 В ОРУ 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.

15.2 В ОРУ напряжением 330 кВ и выше допустимые уровни напряженности ЭП в зонах пребывания обслуживающего персонала должны обеспечиваться, как правило, конструктивно-компоновочными решениями с использованием стационарных и инвентарных экранирующих устройств. Напряженность ЭП в этих зонах следует определять по результатам измерений в ОРУ с идентичными конструктивно-компоновочными решениями или расчетным путем.

15.3 В ОРУ напряжением 330 кВ и выше в целях снижения воздействия ЭП на персонал необходимо лестницы для подъема на траверсы металлических

порталов располагать, как правило, внутри их стоек (лестницы, размещенные снаружи, должны быть огорожены экранирующими устройствами, обеспечивающими внутри допустимые уровни напряженности ЭП).

15.4 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.

15.5 Экранирование источников магнитных полей (МП) или рабочих мест при необходимости обеспечения допустимых уровней МП осуществляют посредством ферромагнитных экранов, толщина и геометрические размеры которых следует рассчитывать по формуле определения коэффициента экранирования:

$$K_Э = H_B / H_{доп}, \quad (7)$$

где $H_в$ - наибольшее возможное значение напряженности МП на рабочем месте, А/м;

$H_{доп}$ - допустимое значение напряженности МП.

$H_{доп}$ определяется в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах по санитарным нормам СанПиН 2.2.4.1191-03 [4].

15.6 На планах каждого ОРУ 330 кВ и выше следует предусматривать маршруты обхода для осмотра оборудования и маршруты следования к рабочим местам, обеспечивающие безопасный подход ко всем аппаратам.

15.7 Участки маршрутов, на которых напряженность электрического поля (ЭП) превышает 15 кВ/м, должны быть экранированы.

Для сокращения объема экранирования маршруты следует располагать в зонах экранирующего действия стоек порталов, фундаментов и заземленных частей оборудования.

15.8 Протяженность участков маршрутов с напряженностью ЭП 15 кВ/м должна быть такой, чтобы длительность пребывания персонала на маршруте не превышала 80 минут в сутки при одноразовом обходе.

Протяженность маршрутов обхода допускается увеличивать при напряженности ЭП менее 15 кВ/м, определяя длительность пребывания персонала на маршруте в соответствии с нормативными документами.

15.9 Уровни напряженности магнитного поля на рабочих местах ЭС (ПС) не должны превышать допустимых значений в соответствии с СТО 56947007-29.240.10.028-2009.

16 Требования по пожарной безопасности

16.1 Здания РУ должны иметь степень огнестойкости не ниже II.

16.2 Категория помещений и зданий РУ по взрывопожаробезопасности принимается в соответствии с правилами СП 12.13130.2009 [2].

16.3 Здания, помещения и сооружения РУ в соответствии с правилами СП 5.13130.2009 [3] должны быть оборудованы автоматическими средствами пожаротушения (АУПТ) и автоматической пожарной сигнализацией (АУПС).

17 Охрана окружающей среды.

17.1 При создании и эксплуатации РУ должны выполняться мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов, охране водных ресурсов, охране растительности и животного мира наземных экосистем, мероприятия по снижению отрицательного влияния на местный климат, мероприятия в социальной сфере, мероприятия по организации мониторинга взаимоотношений объекта с окружающей средой, а также выводы о соответствии принятых решений действующему природоохранному законодательству Российской Федерации.

17.2 Конструктивные технические решения при проектировании и реконструкции ПС должны соответствовать действующим в настоящее время нормативам окружающей среды. В частности должны предусматриваться:

- мероприятия по снижению напряженности электрического и магнитного полей до допустимых значений (применение стационарных, переносных и съемных экранирующих устройств, обеспечение заземления всех изолированных от земли крупногабаритных объектов, находящихся в электрическом поле, выбор соответствующей высоты установки оборудования и др.
- специальная площадка для складирования банок конденсаторной батареи, при наличии ее на ПС и др.

17.3 При проектировании нового или реконструируемого РУ необходимо выполнить мероприятия, обеспечивающие допустимый уровень шума на территории жилой застройки, в соответствии с гигиеническими нормами Минздрава РФ.

Необходимость возведения шумозащитных сооружений определяется на основании акта натурных замеров шума от существующих трансформаторов (реакторов) в непосредственной близости от жилых и общественных зданий, находящихся в районе РУ.

17.4 При расположении РУ в районах массового гнездования и мест остановки перелетных птиц при перелетах, для предотвращения их гибели следует предусматривать закрытие отверстий полых железобетонных стоек опор сетками или наголовниками, а также установку на порталах и опорах отходящих линий классов напряжений до 330 кВ, специальных заградителей против птиц.

18 Прием законченных строительством распределительных устройств или пусковых комплеклов

18.1 РУ ЭС и ПС после завершения строительства, расширения и реконструкции РУ или пусковые комплексы должны быть приняты в эксплуатацию в порядке, установленном действующими правилами.

18.2 Пусковой комплекс должен включать в себя часть полного проектного объёма РУ, состоящего из совокупности сооружений и объектов, отнесённых к определенным энергоустановкам либо к РУ в целом, и обеспечивать нормальную эксплуатацию при заданных параметрах.

18.3 В пусковой комплекс должны входить: оборудование, сооружения, здания (или их части) производственного, транспортного, ремонтного и складского назначений, средства диспетчерского и технологического управления (СДТУ), средства связи, инженерные коммуникации, обеспечивающие передачу потребителям электрической энергии.

18.4 После окончания строительства и монтажа проводится проверка выполнения строительных норм и правил, стандартов безопасности труда, норм технологического проектирования, норм и требований природоохранного законодательства, правил устройства электроустановок, правил охраны труда, правил взрыво- и пожаробезопасности.

18.5 Во время строительства и монтажа зданий и сооружений должны быть проведены промежуточные приемки узлов оборудования и сооружений, а также скрытых работ.

18.6 Перед приемкой в эксплуатацию РУ/пускового комплекса должны быть проведены с привлечением персонала заказчика:

- индивидуальные испытания оборудования и функциональные испытания отдельных систем, завершающиеся пробным пуском основного и вспомогательного оборудования;
- комплексное опробование оборудования.

18.7 Пробные пуски проводятся до комплексного опробования энергообъектов. При пробном пуске должна быть проверена работоспособность оборудования и технологических схем, безопасность их эксплуатации; проведены проверка и настройка всех систем контроля и управления, в том числе автоматических регуляторов, устройств защиты и блокировок, устройств сигнализации и контрольно-измерительных приборов.

Перед пробным пуском должны быть выполнены условия для надежной и безопасной эксплуатации энергообъекта:

- укомплектован, обучен (с проверкой знаний) эксплуатационный и ремонтный персонал;
- разработаны и утверждены:
  а) эксплуатационные инструкции;
  б) инструкции по охране труда;

в) оперативные схемы;
г) техническая документация по учету и отчетности,

- подготовлены запасы топлива, материалов, инструмента и запасных частей;
- введены в действие СДТУ с линиями связи, системы пожарной сигнализации и пожаротушения, аварийного освещения, вентиляции;
- смонтированы и налажены системы контроля и управления;
- получены разрешения на эксплуатацию энергообъекта от органов государственного контроля и надзора.

18.8 Перед комплексным опробованием оборудования для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации РУ должно быть:

- укомплектован штат персонала;
- проведено обучение (с проверкой знаний) эксплуатационного и ремонтного персонала;
- разработаны и утверждены:
  а) эксплуатационные инструкции;
  б) инструкции по охране труда;
  в) оперативные схемы;
  г) техническая документация по учету и отчетности,
- укомплектованы запасы материалов, инструмента и запасных частей;
- введены в действие СДТУ с линиями связи, системы пожарной сигнализации и пожаротушения, аварийного освещения, вентиляции;
- выполнен монтаж и наладка системы контроля и управления.

18.9 Дефекты и недоделки, допущенные в ходе строительства и монтажа, а также дефекты оборудования, выявленные в процессе индивидуальных и функциональных испытаний, должны быть устранены строительными и монтажными организациями, а при необходимости заводами-изготовителями, до начала комплексного опробования.

18.10 При комплексном опробовании оборудования должна быть проверена:

- работоспособность оборудования и технологических схем;
- безопасность эксплуатации оборудования и технологических схем;
- проверка и настройка:
  а) всех систем контроля и управления;
  б) устройств защиты и блокировок;
  в) устройств сигнализации и контрольно-измерительных приборов.

18.11 Комплексное опробование должен проводить заказчик. При комплексным опробованием должна быть проверена совместная работа основного оборудования и всего вспомогательного оборудования под нагрузкой.

18.12 Началом комплексного опробования РУ считается момент включения его в сеть или под нагрузку.

18.13 Комплексное опробование РУ по схемам, не предусмотренным проектом, не допускается.

18.14 При комплексном опробовании должны быть включены предусмотренные проектом контрольно-измерительные приборы (КИП), блокировки, устройства сигнализации и дистанционного управления, защиты и автоматического регулирования, не требующие режимной наладки.

18.15 Для приемки подстанции приказом собственника РУ создаются приемочная и рабочие комиссии.

18.16 Для подготовки РУ/пускового комплекса к предъявлению приемочной комиссии должна быть назначена рабочая комиссия, которая принимает по акту оборудование после проведения его индивидуальных испытаний для комплексного опробования. С момента подписания этого акта организация отвечает за сохранность оборудования.

18.17 В состав рабочей комиссий включаются представители собственника, генерального подрядчика, генерального проектировщика, субподрядных организаций, эксплуатирующей (электросетевой) организации. По решению собственника к работе рабочих комиссий могут привлекаться представители других организаций.

18.18 Рабочим комиссиям должна быть предоставлена (собственником РУ или генеральным подрядчиком) следующая документация:

- ведомость объектов, предъявляемых к приемке;
- комплект рабочих чертежей на строительство предъявляемой к приемке РУ, разработанных проектными организациями;
- справки от организаций, ответственных за производство строительно-монтажных работ, о соответствии выполненных работ рабочим чертежам или внесенным в рабочие чертежи изменениям;
- ведомость отступлений от утвержденного проекта и внесенных в проект изменений. В ведомости отступлений вносятся принципиальные отклонения от проектной документации с обоснованием причин, вызвавших эти отклонения, и ссылки на акты, протоколы и другие документы. Отступления должны быть утверждены заказчиком;
- ведомость недоделок строительных и монтажных работ. Ведомость недоделок составляется до начала приемки;
- незаконченные строительством сооружения, непосредственно относящиеся к сдаваемой РУ, учитываются как недоделки и вносятся в отдельную ведомость;
- акты приемки скрытых работ по фундаментам и заземляющему устройству;
- протоколы испытаний электрооборудования;
- протоколы наладки релейной защиты, автоматики, устройств блокировки и сигнализации, контрольно измерительных приборов (устройств);
- журналы работ по монтажу металлоконструкций распределительного устройства;
- протокол измерений сопротивлений заземляющего устройства.

Вся перечисленная документация после окончания работы рабочей комиссии должна храниться в сетевой организации.

18.19 Рабочие комиссии обязаны:

- проверить соответствие выполненных работ проекту, сметной документации, нормативным документам;
- произвести детальный осмотр оборудования РУ, выполнить выборочную проверку «скрытых» работ;
- проверить наличие протоколов испытаний основного электрооборудования, устройств релейной защиты и автоматики, проведенных в ходе строительно-монтажных работ;
- провести, при необходимости дополнительные испытания;
- составить ведомости выявленных дефектов и недоделок;
- дать оценку качеству выполненных работ;
- подготовить акт рабочей комиссии.

18.20 Устранение дефектов и недоделок производится строительно-монтажной организацией, осуществляющей строительство РУ до подписания рабочей комиссией актов приемки.

18.21 Законченные строительством отдельно стоящие здания, сооружения и электротехнические устройства, встроенные или пристроенные помещения производственного, подсобно-производственного и вспомогательного назначения со смонтированным в них оборудованием, средствами управления и связи принимаются в эксплуатацию рабочими комиссиями.

18.22 Приемочной комиссии должна быть предоставлена документация, подготовленная рабочими комиссиями в объеме, предусмотренном действующими нормативными документами. Кроме документации по п. 18.18, должны быть предъявлены следующие документы:

- акты рабочих комиссий;
- утвержденная проектно-сметная документация, технический (технорабочий) проект, технические проекты отдельных очередей РУ;
- документация по отводу земель под территорию РУ, согласованная с соответствующими организациями;
- перечень проектных организаций, участвовавших в проектировании РУ, предъявляемой к сдаче;
- справки проектных и строительно-монтажных организаций о применении на построенной РУ новых технических решений;
- полный перечень (опись) документации, передаваемой приемочной комиссии.

18.23 Приемочная комиссия должна проверить всю переданную ей документацию, установить полноту документации и соответствие ей выполненных работ, выявить отступления от проекта, сделанные в процессе сооружения РУ, документацию на отступления и обоснованность отступлений.

18.24 На основании актов рабочих комиссий, а также на основании личных осмотров РУ, ознакомления с технической документацией приемочная комиссия должна:

- составить ведомость недоделок, подлежащих устранению на РУ к моменту ее включения;
- дать оценку качеству строительно-монтажных работ;
- дать оценку соответствия выполненных работ проекту;
- установить готовность РУ (очереди РУ) к передаче в эксплуатацию.

18.25 По решению приемочной комиссии проводится комплексное опробование РУ/пускового комплекса. Решение приемочной комиссии отмечается в акте приемки в эксплуатацию РУ/пускового комплекса.

18.26 После комплексного опробования и устранения выявленных дефектов и недоделок оформляется акт приемки в эксплуатацию РУ/пускового комплекса.

18.27 Работы по выявлению возможных скрытых дефектов (частичное вскрытие фундаментов, заземлителей и др.) выполняются строительно-монтажной или наладочной организацией.

К работам по выявлению возможных скрытых дефектов и по устранению выявленных недоделок и дефектов должны привлекаться инженерно-технические работники и рабочие подрядчика и субподрядных организаций.

18.28 После устранения обнаруженных дефектов и недоделок приемочная комиссия должна убедиться в их устранении до подписания акта о приемке.

18.29 Приемочная комиссия после проверки предъявленной к сдаче РУ/пускового комплекса, рассмотрения технической документации должна дать письменное разрешение на включение РУ/пускового комплекса под номинальное напряжение.

18.30 Включение принимаемой в эксплуатацию РУ/пускового комплекса под напряжение должно производиться персоналом электросетевой организации после получения разрешения приемочной комиссии и письменного уведомления строительной организации о том, что люди с территории РУ/пускового комплекса удалены.

18.31 При безотказной работе РУ/пускового комплекса при комплексном опробовании приемочная комиссия оформляет акт приемки-передачи РУ/пускового комплекса в эксплуатацию, после чего РУ/пусковой комплекс переходит в ведение сетевой организации.

18.32 Акт приемки-передачи в эксплуатацию РУ/пускового комплекса должен быть рассмотрен и утвержден организацией, назначившей приемочную комиссию, не позднее чем в месячный срок после представления акта.

18.33 Приемочной комиссии, если по ее мнению РУ/пусковой комплекс не может быть принят в эксплуатацию, следует представить мотивированное заключение об этом собственнику РУ/пускового комплекса, а копию - заказчику и генеральному подрядчику.

18.34 С момента подписания указанного акта РУ/пускового комплекса считается принятой собственником и он несет ответственность за нее.

18.35 Запрещается приемка в эксплуатацию РУ/пускового комплекса:

- с дефектами и недоделками строительства и монтажа;
- с отступлениями от утвержденного проекта (за исключением случаев п.п. 18.18, 18.23);
- с отступлением от требований нормативных документов (стандартов, строительных норм и правил и т.п.);
- без проведения испытаний и проверок объектов, относящихся к РУ или пусковому комплексу.

19 Ввод в эксплуатацию

19.1 Ввод в эксплуатацию вновь построенных и реконструированных РУ осуществляется с учетом требований Градостроительного кодекса Российской Федерации и правилами технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2004 г. № 861.

19.2 Допуск в эксплуатацию вновь построенных и реконструированных РУ оформляется актом-допуском энергоустановки в эксплуатацию (далее - акт-допуск).

Акт-допуск является документом, удостоверяющим возможность выработки, передачи, приема электрической энергии, и служит основанием для ее включения или присоединения к сетям (энергоустановкам) организации-владельца этих сетей (энергоустановок).

19.3 Акт-допуск РУ в эксплуатацию может не составляться при условии участия представителя уполномоченного государственного органа по технологическому надзору в приемочной комиссии.

Акт приемочной комиссии, подписанный представителем уполномоченного государственного органа по технологическому надзору, является основанием для допуска энергоустановок.

19.4 Ввод в эксплуатацию должен быть оформлен заявкой, подаваемой в орган оперативно-диспетчерского управления. До ввода в эксплуатацию в орган диспетчерского управления должна быть представлена программа ввода в эксплуатацию РУ или её части.

20 Оценка и подтверждение соответствия

20.1 РУ после завершения строительства и/или реконструкции должны соответствовать проектной документации разработанной с учетом требований технических регламентов, строительных норм и правил, стандартов безопасности труда, норм технологического проектирования СТО 56947007-29.240.55.016-2008 и СТО 56947007-29.240.10.028-2009, норм и требований природоохранного законодательства и правил пожаробезопасности.

20.2 Схемы сертификации декларирования соответствия высоковольтного оборудования РУ должны соответствовать ГОСТ Р 53603 и ГОСТ Р 54008 соответственно.

20.3 Все высоковольтное оборудование РУ 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. При оценке соответствия необходимо учитывать требования настоящего стандарта и рекомендации СТО 17230282.27.010.002-2008.

БИБЛИОГРАФИЯ

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

[2] СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

[3] СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

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

УДК 621.31	ОКС 29.120.50	ОКП 34 1470 34 3230 34 3300	Е72

Ключевые слова: РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО (РУ), ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ИЗОЛЯЦИОННОЕ РАССТОЯНИЕ, ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

ОРГАНИЗАЦИЯ-РАЗРАБОТЧИК

Открытое акционерное общество «Научно-технический центр электроэнергетики»

Зам. Генерального директора
ОАО «НТЦ электроэнергетики» –
Научный руководитель — Шакарян Ю.Г.

Руководитель разработки
Зам. научного руководителя — Тимашова Л.В.

Зав. лабораторией — Кузьмичева К.И.
Зав. сектором — Шатров В.В.
Ст. научн. сотр. — Мерзляков А.С.

Открытым акционерным обществом «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт по проектированию энергетических систем и электрических сетей «Энергосетьпроект»

Зам. Генерального директора-
главный инженер — Воронин В.А.

Начальник Департамента ПТД — Подъячев В.Н.
Начальник отдела РУ и ПС — Демина О.Ю.
Главный специалист — Евтушенко В.А.

gost.e-ecolog.ru