Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!
Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

Серия «НОРМАТИВНАЯ БАЗА»

Тематические сборники нормативных документов

- Электроустановки
- Теплоэнергетические установки
- Электрические станции и сети
- Правила устройства электроустановок
- Грузоподъемные механизмы
- Сосуды, работающие под давлением, котлы и трубопроводы
- Пожарная безопасность
- Охрана труда

ISBN 978-5-93196-931-2

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК
В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ

пособие для изучения и подготовки к проверке знаний

ПРАВИЛА
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК
В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ

ПОСОБИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ
К ПРОВЕРКЕ ЗНАНИЙ

Автор-составитель В. В. Красник

Москва
ЭНАС
2009

УДК 621.311/316
ББК 31.2
П68

П68 **Правила** устройства электроустановок в вопросах и ответах : Пособие для изучения и подготовки к проверке знаний / Авт.-сост. В. В. Красник. – М. : ЭНАС, 2009. – 512 с.

ISBN 978-5-93196-931-2

Рассмотрены основные положения Правил устройства электроустановок (ПУЭ) в виде вопросов и ответов.

Пособие поможет специалистам в изучении ПУЭ при приеме на работу и при подготовке к проверке знаний, а также в повседневной практической работе.

Для специалистов предприятий и организаций различных отраслей, форм собственности и ведомственной принадлежности, связанных с проектированием, монтажом, наладкой и эксплуатацией электроустановок.

УДК 621.311/316
ББК 31.2

ISBN 978-5-93196-931-2

© В. В. Красник, 2009
© ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) – основной нормативный документ, определяющий требования к различным видам электрооборудования. Строгое выполнение требований ПУЭ обеспечивает надежность и безопасность эксплуатации электроустановок.

Требования ПУЭ обязательны для всех организаций независимо от форм собственности и организационно-правовых форм, а также для индивидуальных предпринимателей и физических лиц, занимающихся проектированием, монтажом, наладкой и эксплуатацией электроустановок.

Персонал, проводящий монтажные и наладочные работы в электроустановках, осуществляющий техническое обслуживание вновь смонтированных, реконструируемых и действующих электроустановок, а также уполномоченный для контроля (надзора) за техническим состоянием электроустановок, может быть допущен к указанным видам работ только после проверки знаний норм и правил работы в электроустановках, в том числе ПУЭ.

В течение более 50 лет ПУЭ регулярно пересматривались – в соответствии с развитием техники и технологии, повышением требований к надежности и безопасности электроустановок – и выпускались в виде последовательных новых изданий (до 6-го издания включительно).

ПУЭ 7-го издания в связи с длительным сроком переработки выпускались и вводились в действие отдельными разделами и главами – по мере завершения работ по их пересмотру, согласованию и утверждению.

В период с 1999 по 2003 г. были подготовлены новые редакции значительной части глав и разделов ПУЭ. Главы 7-го издания ПУЭ были разработаны с учетом требований государственных стандартов, строительных норм и правил, рекомендаций научно-технических советов и рабочих групп Координационного совета по пересмотру ПУЭ, согласованы в установленном порядке и представлены на утверждение.

Перечисленные ниже главы 7-го издания ПУЭ были утверждены Минэнерго (в 1999 г. – Минтопэнерго) России:

главы 6.1 – 6.6, 7.1, 7.2 – 06.10.1999 г.;
главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9, 7.5, 7.6, 7.10 – 08.07.2002 г.;
глава 1.8 – 09.04.2003 г.;
главы 2.4, 2.5 – 20.05.2003 г.;
главы 4.1, 4.2 – 20.06.2003 г.

С 1 июля 2003 г. в связи с принятием Федерального закона «О техническом регулировании» процесс утверждения 7-го издания ПУЭ был приостановлен.

Остались неутвержденными следующие разработанные и подготовленные к утверждению главы 7-го издания ПУЭ:

Раздел 2: главы 2.1 – 2.3;

Раздел 3: главы 3.1 – 3.7;

Раздел 5: главы 5.1 – 5.6.

Главы 1.3–1.6 были утверждены приказом Минэнерго России от 06.02.2004 г. № 34, но не введены в действие в связи с реорганизацией Министерства энергетики РФ.

Имеет место парадоксальная ситуация: формально в настоящее время действуют устаревшие главы 6-го издания, в то время как на практике их применять невозможно (появились новые материалы и оборудование, изменились требования к надежности и безопасности электроустановок и т. д.).

Технические регламенты, которые в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» должны были заменить практически все действующие нормативные документы, до сих пор не разработаны.

В настоящем пособии рассмотрены основные положения ПУЭ в виде вопросов и ответов.

Пособие предназначено для специалистов предприятий и организаций различных отраслей, форм собственности и ведомственной принадлежности, связанных с проектированием, монтажом, наладкой и эксплуатацией электроустановок.

Пособие поможет специалистам в изучении ПУЭ при приеме на работу и при подготовке к проверке знаний, а также в повседневной практической работе.

В пособие включены как действующие (утвержденные), так и разработанные (и соответствующие современным требованиям), но не введенные в действие перечисленные выше главы 7-го издания ПУЭ (материал по этим главам следует рассматривать как рекомендательный), а также отдельные главы 6-го издания, новые редакции которых не были разработаны (главы 4.3, 7.3, 7.4, 7.7).

В каждом ответе в скобках указан соответствующий пункт ПУЭ. Нумерация таблиц в пособии соответствует нумерации таблиц в главах ПУЭ.

Раздел 1

ОБЩИЕ ПРАВИЛА

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Электроустановка	Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии	1.1.3
Открытые или наружные электроустановки	Электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий. Электроустановки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п., рассматриваются как наружные	1.1.4
Закрытые или внутренние электроустановки	Электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий	1.1.4
Электропомещения	Помещения или отгороженные (например, сетками) части помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного обслуживающего персонала	1.1.5
Сухие помещения	Помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60 %. При отсутствии в таких помещениях условий, указанных в 1.1.10 – 1.1.12, они называются нормальными	1.1.6
Влажные помещения	Помещения, в которых относительная влажность воздуха более 60 %, но не превышает 75 %	1.1.7
Сырые помещения	Помещения, в которых относительная влажность воздуха превышает 75 %	1.1.8
Особо сырые помещения	Помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой)	1.1.9
Жаркие помещения	Помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура постоянно или периодически (более 1 суток) превышает +35 °С (например, помещения с сушилками, обжигательными печами, котельные)	1.1.10

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Пыльные помещения	Помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать внутрь машин и аппаратов и т. п. Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью	1.1.11
Помещения с химически активной или органической средой	Помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования	1.1.12
Помещения без повышенной опасности	Помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность	1.1.13
Помещения с повышенной опасностью	Помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость или токопроводящая пыль; токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.); высокая температура; возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой	1.1.13
Особо опасные помещения	Помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особая сырость; химически активная или органическая среда; одновременно два или более условий повышенной опасности	1.1.13
Территория открытых электроустановок	В отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к особо опасным помещениям	1.1.13
Квалифицированный обслуживающий персонал	Специально подготовленные работники, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности), и имеющие группу по электробезопасности, предусмотренную действующими правилами охраны труда при эксплуатации электроустановок	1.1.14
Номинальное значение параметра	Указанное изготовителем значение параметра электротехнического устройства	1.1.15

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Напряжение переменного тока	Действующее значение напряжения	1.1.16
Напряжение постоянного тока	Напряжение постоянного тока или напряжение выпрямленного тока с содержанием пульсаций не более 10 % от действующего значения	1.1.16
Слова: «должен», «следует», «необходимо»	Для обозначения обязательности выполнения требований ПУЭ	1.1.17
Слова «как правило»	Данное требование является преобладающим, а отступление от него должно быть обосновано	1.1.17
Слово «допускается»	Данное решение применяется в виде исключения как вынужденное (вследствие стесненных условий, ограниченных ресурсов необходимого оборудования, материалов и т. п.)	1.1.17
Слово «рекомендуется»	Данное решение является одним из лучших, но не обязательным	1.1.17
Слово «может»	Данное решение является правомерным	1.1.17
«Не менее»	Нормируемые значения величин, принятые в ПУЭ, являются наименьшими	1.1.18
«Не более»	Нормируемые значения величин, принятые в ПУЭ, являются наибольшими	1.1.18
«От и до»	Все значения величин, приведенные в ПУЭ, следует понимать как «включительно»	1.1.18
Энергетическая система (энергосистема)	Совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режимов в непрерывном процессе производства, преобразования, передачи и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом	1.2.2
Электрическая часть энергосистемы	Совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы	1.2.3
Электроэнергетическая система	Электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии	1.2.4
Электроснабжение	Обеспечение потребителей электрической энергией	1.2.5

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Система электроснабжения	Совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией	1.2.5
Централизованное электроснабжение	Электроснабжение потребителей электрической энергии от энергосистемы	1.2.5
Электрическая сеть	Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств (РУ), токопроводов, воздушных (ВЛ) и кабельных (КЛ) линий электропередачи, работающих на определенной территории	1.2.6
Приемник электрической энергии (электроприемник)	Аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии	1.2.7
Потребитель электрической энергии	Электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории	1.2.8
Нормальный режим потребителя электрической энергии	Режим, при котором обеспечиваются заданные значения параметров его работы	1.2.9
Послеаварийный режим	Режим, в котором находится потребитель электрической энергии в результате нарушения в системе его электроснабжения до установления нормального режима после локализации отказа	1.2.9
Стойкие при коротком замыкании (КЗ)	Электрические аппараты и проводники, которые при расчетных условиях КЗ выдерживают электродинамическое, термическое и иные воздействия токов КЗ, не подвергаясь разрушениям или деформациям, препятствующим их дальнейшей нормальной эксплуатации	1.4.2
Расчетные условия КЗ для электрического аппарата или проводника	Наиболее тяжелые условия, в которых может оказаться электрический аппарат или проводник при коротких замыканиях. Расчетные условия включают в себя расчетную схему электроустановки, расчетный вид КЗ, расчетную точку КЗ и расчетную продолжительность КЗ	1.4.3

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Расчетная схема электроустановки и расчетный вид КЗ	Электрическая схема электроустановки и вид КЗ, при которых имеют место расчетные условия КЗ для рассматриваемого электрического аппарата или проводника	1.4.3
Коммерческий (расчетный) учет электроэнергии	Учет выработанной и полученной электроэнергии для производства финансовых расчетов за нее	1.5.2
Коммерческие (расчетные) счетчики	Счетчики электроэнергии (далее – счетчики), устанавливаемые для коммерческого (расчетного) учета	1.5.2
Технический учет электроэнергии	Учет для определения расхода электроэнергии в технологических целях внутри электростанций, подстанций, предприятий, в электрических сетях	1.5.3
Счетчики технического учета	Счетчики, устанавливаемые для технического учета электроэнергии	1.5.3
Счетчики активной энергии	Счетчики, измеряющие (учитывающие) активную электроэнергию	1.5.4
Счетчики реактивной энергии	Счетчики, измеряющие (учитывающие) реактивную электроэнергию	1.5.4
Реверсивные счетчики	Счетчики, измеряющие (учитывающие) расход электроэнергии раздельно в прямом и обратном направлении	1.5.4
АСКУЭ	Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии (мощности)	1.5.5
Глухозаземленная нейтраль	Нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству. Глухозаземленным может быть также вывод источника однофазного переменного тока или полюс источника постоянного тока в двухпроводных сетях, а также средняя точка в трехпроводных сетях постоянного тока	1.7.5
Изолированная нейтраль	Нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств	1.7.6
Проводящая часть	Часть, которая может проводить электрический ток	1.7.7

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Токоведущая часть	Проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник (но не *PEN*-проводник)	1.7.8
Открытая проводящая часть (ОПЧ)	Доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции	1.7.9
Сторонняя проводящая часть	Проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки	1.7.10
Прямое прикосновение	Электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением	1.7.11
Косвенное прикосновение	Электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции	1.7.12
Защита от прямого прикосновения	Защита для предотвращения прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением	1.7.13
Защита при косвенном прикосновении	Защита от поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции	1.7.14
Заземлитель	Проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду	1.7.15
Искусственный заземлитель	Заземлитель, специально выполняемый для целей заземления	1.7.16
Естественный заземлитель	Сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления	1.7.17
Заземляющий проводник	Проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем	1.7.18
Заземляющее устройство	Совокупность заземлителя и заземляющих проводников	1.7.19

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Зона нулевого потенциала (относительная земля)	Часть земли, находящаяся вне зоны влияния какого-нибудь заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю	1.7.20
Зона растекания (локальная земля)	Зона земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала. Термин «земля» следует понимать как «земля в зоне растекания»	1.7.21
Замыкание на землю	Случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей	1.7.22
Напряжение на заземляющем устройстве	Напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала	1.7.23
Напряжение прикосновения	Напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного	1.7.24
Ожидаемое напряжение прикосновения	Напряжение между двумя одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда человек или животное их не касается	1.7.24
Напряжение шага	Напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека	1.7.25
Сопротивление заземляющего устройства	Отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю	1.7.26
Эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой	Удельное электрическое сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой	1.7.27
Заземление	Преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством	1.7.28
Защитное заземление	Заземление, выполняемое в целях электробезопасности	1.7.29
Рабочее (функциональное) заземление	Заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности)	1.7.30

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ	Преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности	1.7.31
Уравнивание потенциалов	Электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов	1.7.32
Защитное уравнивание потенциалов	Уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности. Термин «уравнивание потенциалов», используемый в главе 1.7, следует понимать как защитное уравнивание потенциалов	1.7.32
Выравнивание потенциалов	Снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли	1.7.33
Защитный (*PE*) проводник	Проводник, предназначенный для целей электробезопасности	1.7.34
Защитный заземляющий проводник	Защитный проводник, предназначенный для защитного заземления	1.7.34
Защитный проводник уравнивания потенциалов	Защитный проводник, предназначенный для защитного уравнивания потенциалов	1.7.34
Нулевой защитный проводник	Защитный проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для присоединения открытых проводящих частей к глухозаземленной нейтрали источника питания	1.7.34
Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (*N*)	Проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников и соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока	1.7.35
Совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий (*PEN*) проводник	Проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников	1.7.36

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Главная заземляющая шина	Шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки напряжением до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов	1.7.37
Защитное автоматическое отключение питания	Автоматическое размыкание цепи одного или нескольких фазных проводников (и, если требуется, нулевого рабочего проводника), выполняемое в целях электробезопасности	1.7.38
Основная изоляция	Изоляция токоведущих частей, обеспечивающая в том числе защиту от прямого прикосновения	1.7.39
Дополнительная изоляция	Независимая изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, выполняемая дополнительно к основной изоляции для защиты при косвенном прикосновении	1.7.40
Двойная изоляция	Изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, состоящая из основной и дополнительной изоляции	1.7.41
Усиленная изоляция	Изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, равноценную двойной изоляции	1.7.42
Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН)	Напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока	1.7.43
Разделительный трансформатор	Трансформатор, первичная обмотка которого отделена от вторичных обмоток при помощи защитного электрического разделения цепей	1.7.44
Безопасный разделительный трансформатор	Разделительный трансформатор, предназначенный для питания цепей сверхнизким напряжением	1.7.45
Защитный экран	Проводящий экран, предназначенный для отделения электрической цепи и/или проводников от токоведущих частей других цепей	1.7.46
Защитное электрическое разделение цепей	Отделение одной электрической цепи от других цепей в электроустановках напряжением до 1 кВ при помощи двойной изоляции или основной изоляции и защитного экрана или усиленной изоляции	1.7.47
Непроводящие (изолирующие) помещения, зоны, площадки	Помещения, зоны, площадки, в которых (на которых) защита при косвенном прикосновении обеспечивается высоким сопротивлением пола и стен и в которых отсутствуют заземленные проводящие части	1.7.48

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Испытательное напряжение промышленной частоты	Действующее значение напряжения частотой 50 Гц, практически синусоидального, которое должна выдерживать изоляция электрооборудования при определенных условиях испытания	1.8.12 п.1
Электрооборудование с нормальной изоляцией	Электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, подверженных действию грозовых перенапряжений при обычных мерах по грозозащите	1.8.12 п.2
Электрооборудование с облегченной изоляцией	Электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, не подверженных действию грозовых перенапряжений или оборудованных специальными устройствами грозозащиты, ограничивающими амплитудное значение грозовых перенапряжений до значения, не превышающего амплитудного значения испытательного напряжения промышленной частоты	1.8.12 п.3
Аппараты	Выключатели всех классов напряжения, разъединители, отделители, короткозамыкатели, предохранители, разрядники, токоограничивающие реакторы, конденсаторы, комплектные экранированные токопроводы	1.8.12 п.4
Ненормированная измеряемая величина	Величина, абсолютное значение которой не регламентировано нормативными указаниями. Оценка состояния оборудования в этом случае производится путем сопоставления с данными аналогичных измерений на однотипном оборудовании, имеющем заведомо хорошие характеристики, или с результатами остальных испытаний	1.8.12 п.5
Класс напряжения электрооборудования	Номинальное напряжение электроустановки, для работы в которой предназначено данное электрооборудование	1.8.12 п.6
Длина пути утечки изоляции (изолятора) или составной изоляционной конструкции (L)	Наименьшее расстояние по поверхности изоляционной детали между металлическими частями разного потенциала	1.9.2
Эффективная длина пути утечки	Часть длины пути утечки, определяющая электрическую прочность изолятора или изоляционной конструкции в условиях загрязнения и увлажнения	1.9.3

Окончание табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Удельная эффективная длина пути утечки ($\lambda_э$)	Отношение эффективной длины пути утечки к наибольшему рабочему межфазному напряжению сети, в которой работает электроустановка	1.9.3
Коэффициент использования длины пути утечки (k)	Поправочный коэффициент, учитывающий эффективность использования длины пути утечки изолятора или изоляционной конструкции	1.9.4
Степень загрязнения (СЗ)	Показатель, учитывающий влияние загрязненности атмосферы на снижение электрической прочности изоляции электроустановок	1.9.5
Карта степеней загрязнения (КСЗ)	Географическая карта, районирующая территорию по СЗ	1.9.6

Глава 1.1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Область применения

Вопрос. На какие электроустановки распространяются ПУЭ (далее – Правила)?

Ответ. Распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки постоянного и переменного тока напряжением до 750 кВ, в том числе на специальные электроустановки, рассмотренные в разделе 7 (1.1.1).

Вопрос. Для каких электроустановок рекомендуется применять требования Правил?

Ответ. Рекомендуется применять для действующих электроустановок, если это повышает надежность электроустановки или если ее модернизация направлена на обеспечение требований безопасности, которые распространяются на действующие электроустановки. По отношению к реконструируемым электроустановкам требования Правил распространяются лишь на реконструируемую часть электроустановок (1.1.1).

Общие указания по устройству электроустановок

Вопрос. Каким требованиям должны соответствовать применяемые в электроустановках электрооборудование, электротехнические изделия и материалы?

Ответ. Должны соответствовать требованиям государственных стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке (1.1.19).

Вопрос. Каким показателям должны соответствовать конструкция, исполнение, способ установки, класс и характеристика изоляции применяемых машин, аппаратов, приборов и прочего электрооборудования, а также кабелей и проводов?

Ответ. Должны соответствовать параметрам сети или электроустановки, режимам работы, условиям окружающей среды и требованиям соответствующих глав ПУЭ (1.1.20).

Вопрос. Какие профилактические меры должны быть предусмотрены в электроустановках?

Ответ. Должны быть предусмотрены сбор и удаление отходов: химических веществ, масла, мусора, технических вод и т. п. В соответствии с требованиями по охране окружающей среды должна быть исключена возможность попадания указанных отходов в водоемы, систему отвода ливневых вод, овраги, а также на территории, не предназначенные для хранения таких отходов (1.1.25).

Вопрос. Какие требования предъявляют Правила по обеспечению возможности легкого распознавания частей, относящихся к отдельным элементам?

Ответ. Должна быть обеспечена простота и наглядность схем, надлежащее расположение электрооборудования, надписи, маркировка, расцветка (1.1.28).

Вопрос. Какие обозначения должны иметь проводники защитного заземления во всех электроустановках, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, в том числе шины?

Ответ. Должны иметь буквенное обозначение *PE* и цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины (для шин от 15 до 100 мм) желтого и зеленого цветов (1.1.29).

Вопрос. Как обозначаются нулевые рабочие (нейтральные) проводники?

Ответ. Обозначаются буквой *N* и голубым цветом (1.1.29).

Вопрос. Какое обозначение должны иметь совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники?

Ответ. Должны иметь буквенное обозначение *PEN* и цветовое обозначение: голубой цвет по всей длине и желто-зеленые полосы на концах (1.1.29).

Вопрос. Как должны быть обозначены шины?

Ответ. Должны быть обозначены:

при переменном трехфазном токе: шины фазы *A* – желтым, фазы *B* – зеленым, фазы *C* – красным цветом;

при переменном однофазном токе: шина *B*, присоединенная к концу обмотки источника питания, – красным цветом, шина *A*, присоединенная к началу обмотки источника питания, – желтым цветом.

Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы, обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока;

при постоянном токе: положительная шина (+) – красным цветом, отрицательная (–) – синим и нулевая рабочая *M* – голубым цветом.

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. Если неизолированные шины недоступны для осмотра в период, когда они находятся под напряжением, то допускается их не обозначать. При этом не должен снижаться уровень безопасности и наглядности при обслуживании электроустановки (1.1.30).

Вопрос. Какие условия необходимо соблюдать при расположении шин «плашмя» или «на ребро» в РУ (кроме комплектных сборных ячеек одностороннего обслуживания (КСО) и комплектных распределительных устройств (КРУ) 6–10 кВ, а также панелей 0,4–0,69 кВ заводского исполнения)?

Ответ. Необходимо соблюдать следующие условия:

В РУ напряжением 6–10 кВ при переменном трехфазном токе сборные и обходные шины, а также все виды секционных шин должны располагаться:

а) при горизонтальном расположении:

одна под другой: сверху вниз $A - B - C$;

одна за другой, наклонно или треугольником: наиболее удаленная шина A, средняя – B, ближайшая к коридору обслуживания – C;

б) при вертикальном расположении (в одной плоскости или треугольником):

слева направо $A - B - C$ или наиболее удаленная шина A, средняя – B, ближайшая к коридору обслуживания – C;

в) ответвления от сборных шин, если смотреть на шины из коридора обслуживания (при наличии трех коридоров – из центрального):

при горизонтальном расположении: слева направо $A - B - C$;

при вертикальном расположении (в одной плоскости или треугольником): сверху вниз $A - B - C$.

В пяти- и четырехпроводных цепях трехфазного переменного тока в электроустановках напряжением до 1 кВ расположение шин должно быть следующим:

при горизонтальном расположении:

одна над другой: сверху вниз $A - B - C - N - PE$ (PEN);

одна за другой: наиболее удаленная шина A, затем фазы $B - C - N$, ближайшая к коридору обслуживания – PE (PEN);

при вертикальном расположении: слева направо $A - B - C - N - PE$ (PEN) или наоборот удаленная шина A, затем фазы $B - C - N$, ближайшая к коридору обслуживания – PE (PEN);

ответвления от сборных шин, если смотреть на шины из коридора обслуживания:

при горизонтальном расположении: слева направо $A - B - C - N - PE$ (PEN);

при вертикальном расположении: $A - B - C - N - PE$ (PEN) сверху вниз.

При постоянном токе шины должны располагаться:

сборные шины при вертикальном расположении: верхняя M, средняя (–), нижняя (+);

сборные шины при горизонтальном расположении:

наиболее удаленная M, средняя (–) и ближайшая (+), если смотреть на шины из коридора обслуживания;

ответвления от сборных шин: левая шина M, средняя (–), правая (+), если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В отдельных случаях допускаются отступления от требований, приведенных в пп. 1–3, если их выполнение связано с существенным усложнением электроустановок (например, вызывает необходимость установки специальных опор вблизи подстанции для транспозиции проводов ВЛ) или если на подстанции применяются две или более ступени трансформации (1.1.31).

Вопрос. Как разделяются электроустановки по условиям электробезопасности?

Ответ. Разделяются на электроустановки напряжением до 1 кВ и электроустановки напряжением выше 1 кВ (по действующему значению напряжения) (1.1.32).

Вопрос. Какие защитные меры предусмотрены Правилами для безопасности обслуживающего персонала и посторонних лиц?

Ответ. Предусмотрены следующие мероприятия:

соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей;

применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;

применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;

использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы (1.1.32).

Вопрос. При каких условиях в электропомещениях с установками напряжением до 1 кВ допускается применение неизолированных и изолированных токоведущих частей без защиты от прикосновения?

Ответ. Допускается, если по местным условиям такая защита не является необходимой для каких-либо иных целей (например, для защиты от механических воздействий). При этом доступные прикосновению части должны располагаться так, чтобы нормальное обслуживание не было сопряжено с опасностью прикосновения к ним (1.1.33).

Вопрос. Какие требования предъявляются Правилами к устройствам для ограждения и закрытия токоведущих частей в жилых, общественных и тому подобных помещениях?

Ответ. Они должны быть сплошными. В помещениях, доступных только для квалифицированного персонала, эти устройства могут быть сплошные, сетчатые или дырчатые. Ограждающие и закрывающие устройства должны быть выполнены так, чтобы снимать или открывать их можно было только при помощи ключей или инструментов (1.1.34).

Вопрос. Какой должна быть механическая прочность ограждающих и закрывающих устройств?

Ответ. Должны обладать требуемой (в зависимости от местных условий) механической прочностью. При напряжении выше 1 кВ толщина металлических ограждений и закрывающих устройств должна быть не менее 1 мм (1.1.35).

Вопрос. Какими дополнительными средствами защиты должны быть снабжены все электроустановки для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, от действия электрической дуги и т. п.?

Ответ. Должны быть снабжены средствами защиты, а также средствами оказания первой помощи в соответствии с действующими правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках (1.1.36).

Вопрос. Каким испытаниям должны быть подвергнуты вновь сооруженные и реконструированные электроустановки и установленное в них электрооборудование?

Ответ. Должны быть подвергнуты приемо-сдаточным испытаниям (1.1.38).

Глава 1.2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Область применения

Вопрос. На какие системы электроснабжения распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на все системы электроснабжения. Системы электроснабжения подземных, тяговых и других специальных установок, кроме требований настоящей главы, должны соответствовать также требованиям специальных правил (1.2.1).

Вопрос. Какие источники питания относятся к числу независимых источников питания?

Ответ. Относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

каждая из секций или систем шин в свою очередь имеет питание от независимого источника питания;

секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций (систем) шин (1.2.10).

Общие требования

Вопрос. Какую вероятность следует учитывать при выборе независимых взаимно резервирующих источников питания, являющихся объектами энергосистемы?

Ответ. Следует учитывать вероятность одновременного зависимого кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики (РЗиА) при повреждениях в электрической части энергосистемы, а также одновременного длительного исчезновения напряжения на этих источниках питания при тяжелых системных авариях (1.2.13).

Вопрос. В каких сетях должна применяться компенсация емкостного тока замыкания на землю?

Ответ. Должна применяться при значениях этого тока в нормальных режимах:

в сетях напряжением 3–20 кВ, имеющих железобетонные и металлические опоры на ВЛ, и во всех сетях напряжением 35 кВ – более 10 А;

в сетях, не имеющих железобетонных и металлических опор на ВЛ:

более 30 А при напряжении 3–6 кВ;

более 20 А при напряжении 10 кВ;

более 15 А при напряжении 15–20 кВ;

в схемах генераторного напряжения 6–20 кВ блоков генератор-трансформатор – более 5 А.

При токах замыкания на землю более 50 А рекомендуется применение не менее двух заземляющих реакторов (1.2.16).

Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения

Вопрос. На какие категории в отношении обеспечения надежности электроснабжения разделяются электроприемники?

Ответ. Разделяются на следующие три категории:

электроприемники *первой категории* – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Из состава электроприемников первой категории выделяется *особая группа* электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров;

электроприемники *второй категории* – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей;

электроприемники *третьей категории* – все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий (1.2.18).

Вопрос. Как должны обеспечиваться электроэнергией электроприемники первой категории в нормальных режимах?

Ответ. Должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания (1.2.19).

Вопрос. Что может быть использовано в качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории?

Ответ. Могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п. (1.2.19).

Вопрос. Каким образом рекомендуется осуществлять электроснабжение электроприемников первой категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление нормального режима?

Ответ. При наличии технико-экономических обоснований рекомендуется осуществлять электроснабжение от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляются дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса (1.2.19).

Вопрос. Как должны обеспечиваться электроэнергией электроприемники второй категории в нормальных режимах?

Ответ. Должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады (1.2.20).

Вопрос. Как может выполняться электроснабжение для электроприемников третьей категории?

Ответ. Может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток (1.2.21).

Уровни и регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности

Вопрос. Какие требования предъявляются к устройствам регулирования напряжения?

Ответ. Они должны обеспечивать поддержание напряжения на шинах напряжением 3–20 кВ электростанций и подстанций, к которым подсоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105 % номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100 % номинального в период наименьших нагрузок этих сетей. Отклонения от указанных уровней напряжения должны быть обоснованы (1.2.23).

Вопрос. Как производятся выбор и размещение устройств компенсации реактивной мощности в электрических сетях?

Ответ. Производятся исходя из необходимости обеспечения требуемой пропускной способности сети в нормальных и послеаварийных режимах при поддержании необходимых уровней напряжения и запасов устойчивости (1.2.24).

Глава 1.3. ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ

Область применения, общие требования

Вопрос. На какие электрические аппараты и проводники распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на методы выбора электрических аппаратов и проводников электроустановок переменного тока частотой 50 Гц, напряжением до и выше 1 кВ по условиям продолжительных режимов (1.3.1).

Вопрос. В чем состоит выбор электрических аппаратов по условиям продолжительных режимов?

Ответ. Состоит в подборе их номинального напряжения по уровню изоляции и номинального тока по допустимому нагреву, плотности тока и условиям короны (1.3.2).

Вопрос. По каким условиям проверяются электрические аппараты и проводники, выбранные по условиям продолжительных режимов?

Ответ. Проверяются по условиям КЗ. Проводники кроме того проверяются по падению напряжения на полной длине проводников. Если тип аппарата или сечение проводника, выбранное по условиям продолжительного режима, не удовлетворяет какому-либо из указанных условий проверки, то должно приниматься решение, удовлетворяющее всем условиям (1.3.3).

Выбор электрических аппаратов по условиям продолжительности режимов и сечений проводников по нагреву в этих режимах

Вопрос. По каким параметрам выбираются все электрические аппараты?

Ответ. Выбираются по номинальному напряжению и номинальному току. При этом номинальное напряжение каждого аппарата должно соответствовать или быть больше (последнее не относится к трансформаторам напряжения – ТН) наибольшего рабочего напряжения электроустановки.

Токоведущие части электрических аппаратов и проводники любого назначения выбираются по условию их предельно допустимого нагрева при продолжительных режимах (не только нормальных, но и послеаварийных), а также режимов в периоды ремонтов и возможного при этом неравномерного распределения токов между линиями, секциями шин и т. п. Выполнение этого условия обеспечивается путем надлежащего выбора номинального тока каждого аппарата и сечения любого проводника, исходя из расчетного тока. При этом за расчетный ток принимается получасовой максимум тока, наибольший из средних получасовых токов данного элемента сети (1.3.4).

Вопрос. Какой ток принимается в качестве расчетного тока для выбора номинального тока аппаратов и сечения проводников по нагреву при повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы электроприемников (с общей продолжительностью цикла до 10 мин и продолжительностью рабочего периода не более 4 мин)?

Ответ. Принимается ток, приведенный к эквивалентному продолжительному периоду. При этом:

для медных проводников сечением до 6 мм² и для алюминиевых проводников до 10 мм² расчетный ток принимается как для электроустановок с продолжительным режимом работы;

для медных проводников сечением более 6 мм² и для алюминиевых проводников более 10 мм² расчетный ток определяется умножением продолжительно допустимого тока на коэффициент $0{,}875/\sqrt{T_{п.в.}}$, где $T_{п.в.}$ – выраженная в относительных единицах продолжительность рабочего периода (продолжительность этого периода в долях продолжительности цикла) (1.3.5).

Вопрос. По каким нормам определяются наибольшие допустимые токи при кратковременном режиме работы электроприемников с продолжительностью рабочего периода не более 4 мин и с перерывами между включениями, достаточными для охлаждения проводников до температуры окружающей среды?

Ответ. Определяются по нормам повторно-кратковременного режима (см. 1.3.5). При продолжительности рабочего периода более 4 мин, а также при перерывах между включениями недостаточной продолжительности наибольшие допустимые токи определяются как для электроустановок с продолжительным режимом работы (1.3.6).

Вопрос. Какие перегрузки допускаются для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, несущих нагрузки меньше номинальных?

Ответ. Допускаются кратковременные перегрузки, указанные в табл. 1.3.1 (1.3.7).

Таблица 1.3.1

Кратковременные допустимые перегрузки для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной нагрузке в течение, ч		
		0,5	1,0	3,0
До 0,6	В земле	1,35	1,30	1,15
	На воздухе	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,10	1,00
Выше 0,6 до 0,8	В земле	1,20	1,15	1,10
	На воздухе	1,15	1,10	1,05
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00

Вопрос. Какие перегрузки допускаются для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на период ликвидации послеаварийного режима?

Ответ. Допускаются перегрузки до 17 % номинальной при их прокладке в земле и до 20 % при прокладке на воздухе, а для кабелей с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката и полиэтилена – до 10 % при их прокладке в земле и на воздухе на время максимумов нагрузки, если их продолжительность не превышает номинальной. Общая продолжительность перегрузок кабелей в послеаварийных режимах допускается в течение не более 1000 ч за срок службы кабелей.

На период ликвидации послеаварийного режима, но не более чем в течение 5 суток для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией допускаются перегрузки в пределах, указанных в табл. 1.3.2.

Перегрузка КЛ напряжением 20 кВ и более не допускается (1.3.8).

Таблица 1.3.2

Допустимые перегрузки на период ликвидации послеаварийного режима для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной нагрузке при продолжительности максимума, ч			
		0,5	1,0	3,0	6,0
До 0,6	В земле	1,50	1,50	1,40	1,35
	На воздухе	1,40	1,25	1,20	1,15
	В трубах (в земле)	1,30	1,30	1,20	1,20
Выше 0,6 до 0,8	В земле	1,40	1,35	1,30	1,30
	На воздухе	1,35	1,25	1,15	1,15
	В трубах (в земле)	1,25	1,25	1,20	1,15
Выше 0,8 до 1,0	В земле	1,30	1,25	1,20	1,20
	На воздухе	1,25	1,20	1,15	1,15
	В трубах (в земле)	1,20	1,20	1,20	1,15

Вопрос. Из какого расчета принимаются продолжительно допустимые токи для кабелей, проложенных в земле?

Ответ. Принимаются из расчета, что удельное тепловое сопротивление земли составляет 1,2 м·К/Вт. Если это сопротивление отличается от 1,2 м·К/Вт, то к продолжительно допустимым токам применяются поправочные коэффициенты, указанные в табл. 1.3.4 (1.3.11).

Таблица 1.3.4

Поправочные коэффициенты на продолжительно допустимые токи для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного теплового сопротивления земли

Характеристика земли	Удельное тепловое сопротивление, м·К/Вт	Поправочный коэффициент
Песок влажностью более 9 %, песчано-глинистая почва влажностью более 14 %	0,8	1,13
Нормальные почва и песок влажностью 7–9 %, песчано-глинистая почва влажностью 12–14 %	1,2	1,00
Песок влажностью более 4 и менее 7 %, песчано-глинистая почва влажностью более 8 и менее 12 %	2,0	0,87
Песок влажностью до 4 %, каменистая почва	3,0	0,75

Вопрос. Как определяются продолжительно допустимые токи для одиночных кабелей, прокладываемых в трубах в земле?

Ответ. Определяются путем умножения продолжительно допустимых токов для этих кабелей на коэффициент 0,85 (1.3.12).

Вопрос. На каком участке кабельной трассы принимаются продолжительно допустимые токи при смешанной прокладке кабелей?

Ответ. Принимаются для участка трассы с наихудшими условиями охлаждения, если его длина превышает 10 м. В указанных случаях рекомендуется применять кабельные вставки большего сечения (1.3.13).

Вопрос. Как учесть изменение продолжительно допустимых токов при прокладке нескольких кабелей в земле, а также в трубах в земле?

Ответ. В этих случаях продолжительно допустимые токи уменьшаются путем введения коэффициентов, величины которых табулированы в Правилах.

Прокладка нескольких кабелей в земле с расстояниями между осями менее 100 мм не рекомендуется (1.3.14).

Продолжительно допустимые токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией

Вопрос. Исходя из каких условий приняты продолжительно допустимые токи для проводов и шнуров с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией, самонесущих изолированных проводов (СИП), проводов с защитной оболочкой напряжением 6–20 кВ и кабелей напряжением до 10 кВ с пластмассовой изоляцией?

Ответ. Приняты исходя из температуры окружающего воздуха +25 °С и земли +15 °С и из следующих продолжительно допустимых температур нагрева жил, °С:

проводов и шнуров с резиновой изоляцией – +65

СИП напряжением до 1 кВ с изоляцией:

из термопластичного полиэтилена – +70

из сшитого полиэтилена – +90

проводов с защитной оболочкой напряжением 6 – 20 кВ

с изоляцией из сшитого полиэтилена – +90

из поливинилхлоридного пластика или полиэтилена – +70

из сшитого полиэтилена – +90

Величины продолжительно допустимых токов для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией табулированы в Правилах (1.3.16).

Продолжительно допустимые токи для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией

Вопрос. С учетом каких факторов принимаются продолжительно допустимые токи для кабелей напряжением до 35 кВ с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги?

Ответ. Принимаются с учетом температуры окружающего воздуха +25 °С и земли +15 °С и в соответствии с нормированными значениями допустимых температур нагрева их токопроводящих жил в продолжительных режимах. Эти значения зависят от номинального напряжения кабеля и качества состава, используемого для пропитки изоляции, и составляют, °С:

кабели на напряжение до 1 кВ – 80

кабели с изоляцией, пропитанной вязкими составами, содержащими полиэтиленовый воск в качестве загустителя, на напряжение, кВ:

6 – 65

10 – 60

35 – 50

кабели с изоляцией, пропитанной нестекающим составом или вязким масло-канифольным составом, содержащим не менее 25 % канифоли, на напряжение, кВ:

6 – 80

10 – 70

35 – 65 (1.3.18).

Вопрос. Из какого расчета принимаются продолжительно допустимые токи для кабелей, проложенных в земле?

Ответ. Принимаются из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7–0,8 м не более одного кабеля при температуре земли +15 °С и удельном тепловом сопротивлении земли 1,2 м·К/Вт. Значения продолжительно допустимых токов для кабелей, проложенных в земле, а также для кабелей, проложенных на воздухе, табулированы в Правилах (1.3.19, 1.3.20).

Вопрос. Из какого расчета принимаются продолжительно допустимые токи для кабелей, проложенных на воздухе, внутри и вне зданий?

Ответ. Продолжительно допустимые токи при температуре воздуха +25 °С табулированы в Правилах (1.3.21).

Вопрос. Как допускается определять продолжительно допустимые токи для кабелей, прокладываемых в блоках?

Ответ. Допускается определять по приведенной в Правилах эмпирической формуле (1.3.22).

Вопрос. Как рассчитываются продолжительно допустимые токи для кабелей, прокладываемых в двух рядом лежащих (параллельных) блоках одинаковой конфигурации?

Ответ. Уменьшаются путем умножения на коэффициенты, выбираемые в зависимости от расстояния между блоками:

расстояние между блоками, мм	500	1000	1500	2000	2500	3000
коэффициент	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96

(1.3.23).

Продолжительно допустимые токи для неизолированных проводов и шин

Вопрос. Исходя из какого условия приняты табулированные в Правилах продолжительно допустимые токи для неизолированных проводов и окрашенных шин?

Ответ. Приняты исходя из условия, что допустимая температура их нагрева составляет +70 °С при температуре окружающего воздуха +25 °С.

Для полых алюминиевых проводов марок ПА500 и ПА600 продолжительно допустимый ток составляет:

марка провода	ПА500	ПА600
допустимый ток, А	1 340	1 680

(1.3.24).

Вопрос. Какие конструктивные решения принимаются при выборе шин?

Ответ. Принимаются конструктивные решения, обеспечивающие наименьшие добавочные потери от поверхностного эффекта и эффекта близости и наилучшие условия охлаждения (уменьшение количества полос в пакете, рациональная конструкция пакета, применение профильных шин и т. п.) (1.3.25).

Выбор сечения проводников по плотности тока

Вопрос. Из какого соотношения определяется целесообразное сечение S, мм^2, проводников электроустановок напряжением до 500 кВ?

Ответ. Определяется из соотношения

$$S = I / J_{экн},$$

где I – расчетный ток в часы максимума нагрузки электроустановки, А;

$J_{экн}$ – рекомендуемое значение плотности тока, А/мм^2, для заданных условий работы, выбираемое из табл. 1.3.38 Правил. Использование значений плотности тока, отличных от указанных в табл. 1.3.38, должно быть обосновано.

Расчетный ток определяется исходя из нормального режима работы электроустановки. Увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах не учитывается. Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения (1.3.26).

Вопрос. В каких случаях может быть увеличена плотность тока против значений, приведенных в табл. 1.3.38 Правил?

Ответ. Может быть увеличена в k_n раз при выборе сечений проводников для электроснабжения n одинаковых, взаиморезервируемых электроприемников (например, насосов водоснабжения, преобразовательных агрегатов и т. д.), m из которых одновременно находятся в работе:

$$k_n = \sqrt{n}/m \qquad (1.3.27).$$

Вопрос. Как производится выбор сечений ВЛ и жил КЛ, имеющих промежуточные отборы мощности?

Ответ. Производится для каждого из участков исходя из соответствующих расчетных токов участков. При этом для соседних участков допускается применять провода одинакового сечения, соответствующего сечению для наиболее протяженного участка, если разница между значениями сечения для этих участков находится в пределах одной ступени по шкале стандартных сечений. Сечения проводов на ответвлениях длиной до 1 км принимаются такими же, как на ВЛ, от которой производится ответвление (1.3.28).

Вопрос. По какому условию проверяется сечение проводов линий электропередачи напряжением 6–20 кВ, выбранное с использованием приведенных в табл. 1.3.38 значений плотности тока?

Ответ. Проверяется по допустимому отклонению напряжения у приемников электроэнергии с учетом применяемых средств регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности (1.3.29).

Проверка проводников по условиям короны и радиопомех

Вопрос. В каких случаях проводники проверяются по условиям образования короны?

Ответ. Проверяются при напряжениях 35 кВ и выше с учетом среднегодовых значений плотности и температуры воздуха на высоте расположения данной электроустановки над уровнем моря, радиуса проводников, а также их коэффициентов негладкости (1.3.30).

Вопрос. Какой принимается при проверке по условиям короны наибольшая напряженность электрического поля у поверхности любого из проводников, определенная при наибольшем рабочем напряжении?

Ответ. Принимается не более 0,9 начальной напряженности электрического поля, соответствующей появлению общей короны.

Уровень радиопомех от короны на проводах принимается не более допустимых действующими государственными стандартами значений (1.3.30).

Глава 1.4. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Область применения

Вопрос. На какие методы проверки электрических аппаратов и проводников распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на методы проверки электрических аппаратов и проводников электроустановок переменного тока частотой 50 Гц напряжением до и выше 1 кВ по условиям КЗ и содержит расчетные условия КЗ, виды проверок аппаратов и проводников в зависимости от их назначения, конструкции, места установки и способа прокладки, а также порядок выполнения проверок (1.4.1).

Общие требования

Вопрос. Какие виды проверок по условиям КЗ применяются в электроустановках напряжением выше 1 кВ?

Ответ. В электроустановках напряжением выше 1 кВ по условиям КЗ проверяются:

на электродинамическую стойкость – электрические аппараты, токопроводы, жесткие шины, гибкие провода ВЛ, гибкие шины ОРУ и ЗРУ, вводы, герметичные кабельные проходки, кабельные муфты, а также опорные и несущие конструкции для проводников. Проверка гибких проводов ВЛ и гибких шин РУ на электродинамическую стойкость заключается в определении дополнительных тяжений в проводниках при КЗ, а при ударном токе КЗ 50 кА и более – дополнительно в проверке проводов разных фаз на невозможность схлестывания или опасного (с точки зрения пробоя) сближения;

на термическую стойкость – электрические аппараты, вводы, герметичные кабельные проходки, кабельные муфты, кабели (как жилы, так и экраны – при их наличии), токопроводы, защищенные провода, шины, а также провода ВЛ, оборудованных устройствами автоматического повторного включения (АПВ);

на коммутационную способность – электрические аппараты, предназначенные для отключения и включения электрических цепей;

на невозгораемость – кабели и изолированные проводники (1.4.4).

Вопрос. Какие виды проверок по условиям КЗ применяются в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. В электроустановках напряжением до 1 кВ по условиям КЗ проверяются:

на электродинамическую стойкость – токопроводы, ошиновка РУ и щитов, сборок и распределительных пунктов, а также коммутационные аппараты, установленные в распределительных щитах, силовых сборках и силовых шкафах;

на термическую стойкость – автоматические выключатели, СИП и кабели с бумажной и пластмассовой изоляцией, за исключением кабелей, защищенных автоматическими выключателями, если последние выбраны по условию обеспечения работы токовой отсечки при повреждении в конце защищаемой КЛ;

на коммутационную способность – предохранители и автоматические выключатели. Автоматические выключатели, которые по условиям своей работы могут включать короткозамкнутую цепь, должны обладать способностью производить эти операции при всех возможных токах КЗ;

на невозгораемость – кабели и изолированные проводники (1.4.5).

Вопрос. Какие аппараты и проводники не проверяются по условиям КЗ в электроустановках напряжением выше 1 кВ?

Ответ. По условиям КЗ не проверяются:

на электродинамическую стойкость – кабели, а также электрические аппараты и проводники, защищенные предохранителями с плавкими вставками на номинальный ток до 60 А;

на термическую стойкость – электрические аппараты и проводники, защищенные предохранителями, независимо от номинального тока и типа предохранителей, если их отключающая способность выбрана в соответствии с требованиями настоящих Правил и они способны отключать наименьший возможный аварийный ток в данной цепи, а также провода ВЛ, не оборудованных устройствами АПВ;

на электродинамическую и термическую стойкость:

а) проводники в цепях, подключенных к индивидуальным электроприемникам, а также к трансформаторам промышленных предприятий суммарной мощностью до 2,5 МВ·А и с высшим напряжением до 20 кВ, если соблюдены одновременно следующие условия:

в электрической или технологической части предусмотрена необходимая степень резервирования, причем последнее выполнено так, что отключение указанных электроприемников не вызывает нарушения технологического процесса;

повреждение проводника при КЗ не может вызвать взрыва или пожара;

возможна замена проводника без значительных затруднений;

б) проводники в цепях, присоединенных к отдельным распределительным пунктам (с общей установленной мощностью потребителей до 0,5 МВт);

в) трансформаторы тока (ТТ), установленные в цепях напряжением до 20 кВ силовых трансформаторов, электродвигателей или реактированных линий, если по условиям КЗ требуется такое завышение их коэффициентов трансформации, при котором не может быть обеспечен необходимый класс точности; при этом на стороне высшего напряжения силовых трансформаторов рекомендуется избегать применения ТТ, не отвечающих требованиям стойкости к току КЗ.

г) аппараты и шины цепей ТН при расположении их в отдельной камере (1.4.6).

Вопрос. Какие аппараты и проводники не проверяются по условиям КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Не проверяются по условиям КЗ ТТ, а также аппараты и проводники вторичных цепей (1.4.7).

Вопрос. Что принимается в качестве расчетного вида КЗ в электроустановках?

Ответ. Принимается:

трехфазное КЗ – при проверке на электродинамическую стойкость электрических аппаратов и жестких шин с относящимися к ним поддерживающими и опорными конструкциями;

трехфазное КЗ, а на генераторном напряжении электростанций – *трехфазное или двухфазное КЗ*, в зависимости от того, какое из них приводит к большему термическому воздействию тока КЗ, – при проверке на термическую стойкость электрических аппаратов и проводников;

трехфазное или однофазное КЗ (в сетях с глухо или эффективно заземленной нейтралью), в зависимости от того, какое из них приводит к большему току КЗ в расчетный момент времени – при проверке электрических аппаратов на коммутационную способность;

двухфазное КЗ – при проверке гибких проводников ВЛ и гибких шин РУ на возможность сближения проводников разных фаз, опасного в отношении пробоя (1.4.9).

Вопрос. Какая точка на расчетной схеме электроустановки выбирается в качестве расчетной?

Ответ. Выбирается такая точка, при КЗ в которой электрические аппараты и проводники соответствующей цепи находятся в наиболее тяжелых условиях. Случаи одновременного замыкания на землю различных фаз в двух разных точках электроустановки допускается не учитывать (1.4.10).

Вопрос. Какое время принимается в качестве расчетной продолжительности КЗ при проверке электрических аппаратов и проводников на термическую стойкость при КЗ?

Ответ. Принимается минимально возможное время воздействия тока КЗ, определяемое путем сложения времени действия основной защиты присоединения (с учетом действия АПВ), установленной у ближайшего к месту КЗ выключателя, и полного времени отключения этого выключателя.

При наличии зоны нечувствительности у основной защиты (по току, напряжению, сопротивлению и т. д.) термическую стойкость электрических аппаратов и проводников дополнительно проверяют, определяя расчетную продолжительность КЗ путем сложения времени действия защиты, реагирующей на повреждение в этой зоне, и полного времени отключения выключателя. При этом в качестве расчетного тока КЗ принимается его максимальное значение, соответствующее этому месту повреждения.

При проверке выключателей напряжением выше 1 кВ на отключающую способность в качестве расчетной продолжительности КЗ принимается собственное время выключателя с добавлением 0,01 с.

При проверке кабелей и других изолированных проводников на невозгораемость при КЗ расчетная продолжительность КЗ определяется путем сложения времени действия резервной защиты, установленной у ближайшего к месту КЗ выключателя, и полного времени отключения выключателя (1.4.12).

Расчет токов короткого замыкания для проверки электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания

Вопрос. Какие условия принимаются при составлении расчетной схемы электроустановок напряжением до и выше 1 кВ и расчете токов КЗ с целью проверки электрических аппаратов и проводников по условиям КЗ и определения степени воздействия электродинамических сил на несущие конструкции?

Ответ. Принимаются следующие условия:

учету подлежат все источники, влияющие на ток КЗ – синхронные генераторы и компенсаторы, синхронные и асинхронные электродвигатели. Влияние асинхронных электродвигателей допустимо не учитывать при мощности электродвигателей до 100 кВт в единице, если они отделены от расчетной точки КЗ токоограничивающим реактором или силовым трансформатором, а также при любой мощности электродвигателей, если они отделены от расчетной точки КЗ двумя плечами сдвоенного реактора или двумя и более ступенями трансформации;

все источники, введенные в расчетную схему, работают одновременно, а к моменту возникновения КЗ имеют номинальную нагрузку и номинальное напряжение на выводах;

все синхронные машины имеют автоматическое регулирование напряжения и устройства для форсировки возбуждения;

электродвижущие силы всех источников во время КЗ совпадают по фазе;

расчетное напряжение каждой ступени трансформации выбирается из следующего ряда: 0,23; 0,4; 0,525; 0,69; 1,0; 3,15; 6,3; 10,5; 13,8; 15,75; 18; 20; 24; 27; 37; 115; 154; 230; 340; 515; 770; 1175 кВ;

КЗ происходит в такой момент времени, при котором ударный ток КЗ оказывается наибольшим;

если вблизи расчетной точки КЗ имеются конденсаторные батареи, то они должны быть учтены при определении ударного тока КЗ (1.4.13).

Вопрос. Какие сопротивления принимаются в качестве расчетных при расчете периодической составляющей тока КЗ для любого момента времени в электроустановках напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Принимаются индуктивные сопротивления электрических машин, силовых трансформаторов и автотрансформаторов, токоограничивающих реакторов, воздушных и кабельных линий, а также токопроводов. В тех случаях, когда в расчетную схему входят ВЛ с проводами малых сечений или стальными проводами, а также протяженные КЛ с кабелями малых сечений, учитываются и их активные сопротивления, если при этом суммарное эквивалентное активное сопротивление расчетной схемы относительно точки КЗ составляет больше 30 % суммарного эквивалентного индуктивного сопротивления (1.4.14).

Вопрос. Какие сопротивления учитываются при расчете токов КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Учитываются как индуктивные, так и активные сопротивления всех элементов цепи, а также переходные сопротивления контактных соединений. Допустимо пренебрегать сопротивлениями одного вида (активными или индуктивными), если при этом полное сопротивление цепи уменьшается не более чем на 10 %. В необходимых случаях учитывается влияние на ток КЗ увеличения активного сопротивления кабелей вследствие их нагрева током КЗ (1.4.15).

Вопрос. Из какого условия при расчете токов КЗ допускается исходить при питании электрической сети напряжением до 1 кВ через понижающий трансформатор?

Ответ. Допускается исходить из условия, что напряжение, подведенное к обмотке высшего напряжения трансформатора, неизменно и равно номинальному напряжению питающей сети (1.4.16).

Проверка электрических аппаратов, изоляторов, проводников и несущих конструкций на электродинамическую стойкость при коротких замыканиях

Вопрос. Как проверяются на действие тока КЗ элементы цепи, защищенные плавкими предохранителями или автоматическими выключателями с токоограничивающим действием?

Ответ. Проверяются на электродинамическую стойкость по наибольшему мгновенному значению тока КЗ (исключение – кабели, а также электрические аппараты и проводники, защищенные предохранителями с плавкими вставками на номинальный ток до 60 А) (1.4.17).

Вопрос. Какая величина определяется при проверке электрических аппаратов и проводников на электродинамическую стойкость при КЗ?

Ответ. Определяется значение величины, характеризующей их электродинамическую стойкость, и обеспечивается условие, при котором электродинамические силы при КЗ и вызываемые ими механические нагрузки на электрические аппараты и проводники не превышают нормированных значений. Для электрических аппаратов нормируется предельный сквозной ток (наибольший пик и начальное действующее значение периодической составляющей) или ток электродинамической стойкости либо электродинамические усилия на головки изоляторов, а для электрических проводников – допустимые механические напряжения, зависящие от материала проводников (1.4.18).

Вопрос. Какие величины являются расчетными при проверке гибких проводников ВЛ и гибких шин РУ на электродинамическую стойкость при КЗ?

Ответ. Расчетными являются максимальное тяжение в проводниках и максимальное отклонение (смещение) проводников. Последнее не должно превышать значений, при которых сближение проводников разных фаз опасно в отношении пробоя (1.4.18).

Вопрос. Как определяются механические напряжения при применении шин составных профилей (многополосные, из двух швеллеров и т. д.)?

Ответ. Определяются как арифметическая сумма напряжений от сил взаимодействия, возникающих между проводниками разных фаз и между составными элементами проводников каждой фазы. Наибольше механические напряжения в материале жестких шин любого профиля и любой конструкции принимаются не более 0,7 временного сопротивления разрыву, нормируемого для материала шин (1.4.19).

Проверка электрических аппаратов и проводников на термическую стойкость при коротких замыканиях

Вопрос. Как производится проверка коммутационных электрических аппаратов на термическую стойкость при КЗ?

Ответ. Производится путем сравнения значения интеграла Джоуля, найденного при расчетных условиях КЗ, с его допустимым значением, которое зависит от указанного в технической документации изготовителя нормируемого тока термической стойкости и от соотношения между расчетной продолжительностью КЗ и предельно допустимым (нормируемым) временем воздействия нормированного тока термической стойкости (1.4.20).

Вопрос. При каких условиях обеспечивается термическая стойкость кабелей и проводников при КЗ?

Ответ. Обеспечивается, если температура их нагрева к моменту отключения КЗ не превышает следующих предельных по условию термической стойкости значений, °С:

кабели бронированные и небронированные с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение, кВ:	
1	– 250
6–10	– 200
20–35	– 130
110–220	– 125
кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами и изоляцией из:	
поливинилхлоридного пластиката	– 160
резины	– 160
полиэтилена (номинальное напряжение кабелей до 35 кВ)	– 130
вулканизированного (сшитого) полиэтилена (номинальное напряжение кабелей до 35 кВ)	– 250
медные экраны кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10 кВ	– 350
шины:	
медные	– 300
алюминиевые	– 200
стальные, не имеющие непосредственного соединения с аппаратами	– 400
стальные с непосредственным присоединением к аппаратам	– 300

СИП на напряжение до 1 кВ с изоляцией из:
термопластичного полиэтилена – 135
вулканизированного (сшитого) полиэтилена – 250

провода с защитной оболочкой
на напряжение 6–20 кВ – 250

медные неизолированные провода
при тяжениях, Н, мм²:
менее 20 – 250
20 и более – 200

алюминиевые неизолированные провода
при тяжениях, Н/мм²:
менее 10 – 200
10 и более – 160

алюминиевая часть сталеалюминиевых проводов – 200 (1.4.21).

Вопрос. Как производится проверка кабелей на термическую стойкость в тех случаях, когда для этих кабелей известны значения односекундного тока термической стойкости (допустимого односекундного тока КЗ) $I_{\text{тер. доп 1}}$?

Ответ. Производится путем сравнения интеграла Джоуля $B_к$ с квадратом односекундного тока термической стойкости. Термическая стойкость кабеля обеспечивается, если выполняется условие:

$$B_к \le I_{\text{тер. доп 1}}.$$

Значения односекундного тока термической стойкости приведены в таблицах настоящей главы Правил (1.4.22).

Вопрос. Как рассматриваются расщепленные провода ВЛ при проверке на термическую стойкость при КЗ?

Ответ. Рассматриваются как провод суммарного сечения (1.4.24).

Проверка электрических аппаратов на коммутационную способность при коротких замыканиях

Вопрос. Исходя из каких нормированных показателей проверяются коммутационные электрические аппараты для отключения цепей при КЗ?

Ответ. Проверяются исходя из нормированных значений тока отключения, процентного содержания его апериодической составляющей, параметров восстановления напряжения, тока включения (начального действующего значения его периодической составляющей и его наибольшего пика), а также допустимых циклов коммутационных операций (1.4.25).

Вопрос. Как проверяются выключатели напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Проверяются на коммутационную способность при КЗ:

на отключающую способность при КЗ с учетом процентного содержания апериодической составляющей и параметров восстанавливающегося напряжения (для выключателей напряжением 110 кВ и выше);

на включающую способность при КЗ. При этом выключатели, установленные на стороне генераторного напряжения, необходимо проверять также на несинхронное включение в условиях противофазы (1.4.26).

Вопрос. Проверяются ли предохранители на отключающую способность при КЗ?

Ответ. Проверяются. При этом в качестве расчетного тока принимается ожидаемое начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ, то есть ее значение без учета токоограничивающего действия предохранителей (1.4.27).

Вопрос. Как проверяются на коммутационную способность при КЗ выключатели нагрузки и короткозамыкатели?

Ответ. Проверяются по предельно допустимому току при включении на КЗ (1.4.28).

Вопрос. Требуют ли проверки на коммутационную способность при КЗ отделители и разъединители?

Ответ. Эти коммутационные аппараты проверки не требуют (1.4.29).

Вопрос. Как проверяются на коммутационную способность при КЗ коммутационные электрические аппараты напряжением до 1 кВ (автоматические выключатели, предохранители и др.)?

Ответ. Проверяются в соответствии с расчетными условиями КЗ на отключающую и включающую способность (1.4.30).

Проверка кабелей на невозгораемость при коротких замыканиях

Вопрос. Какая точка в качестве расчетной принимается при проверке кабелей на невозгораемость при КЗ?

Ответ. Принимается точка, находящаяся:

для одиночных кабелей, имеющих одинаковое сечение по длине, – в начале кабеля;

для одиночных кабелей со ступенчатым сечением по длине – в начале каждого участка нового сечения;

для двух и более параллельно включенных кабелей одной кабельной линии – в начале каждого кабеля (1.4.31).

Глава 1.5. УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Общие требования

Вопрос. С какой целью осуществляется учет активной электроэнергии?

Ответ. Осуществляется для определения количества электроэнергии:

выработанной генераторами электростанций;

потребленной на собственные, хозяйственные и другие (раздельно) нужды электростанций и подстанций;

отпущенной или переданной потребителям по линиям, отходящим от шин электростанции непосредственно к потребителям;

переданной в другие энергосистемы и электрические сети или полученной от них;

переданной по экспорту и полученной по импорту;

отпущенной или переданной потребителям из электрической сети.

При этом учет активной электроэнергии осуществляется для обеспечения возможности:

определения поступления (отдачи) электроэнергии в электрические сети разных классов напряжений;

составления балансов электроэнергии на электростанциях, подстанциях и в электрических сетях, в том числе по РУ разных классов напряжения;

контроля за соблюдением заданных режимов потребления электроэнергии (1.5.6).

Вопрос. С какой целью производится учет реактивной электроэнергии?

Ответ. Производится для контроля перетоков реактивной электроэнергии по межсистемным линиям электропередачи, определения количества реактивной электроэнергии, полученной от энергоснабжающей организации или переданной ей (1.5.7).

Организация коммерческого (расчетного) учета электроэнергии

Вопрос. Где устанавливаются счетчики для расчета энергоснабжающей организации (продавца) с потребителем (покупателем) электроэнергии?

Ответ. Устанавливаются по границам раздела сети (по балансовой принадлежности) энергоснабжающей организации и потребителя (1.5.8).

Вопрос. Где устанавливают коммерческие (расчетные) счетчики активной электроэнергии на электростанциях?

Ответ. Устанавливают:

на каждом генераторе для учета всей выработанной генератором электроэнергии;

на всех линиях, отходящих от шин генераторного напряжения, – по одному счетчику, а на линиях, по которым возможна реверсивная работа, – по одному реверсивному счетчику;

на межсистемных линиях электропередачи – по одному счетчику одинакового класса на каждой стороне линии, а на линиях, по которым возможна реверсивная работа, – по одному реверсивному счетчику одинакового класса точности на каждой стороне линии;

на линиях всех классов напряжений, отходящих от шин электростанций;

на присоединениях всех трансформаторов и линий, питающих шины собственных нужд (СН) напряжением выше 1 кВ. При этом счетчики устанавливаются на стороне высшего напряжения. Если трансформаторы СН электростанции питаются от шин напряжением 35 кВ и выше или ответвлением от блоков на напряжении выше 10 кВ, допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов;

на линиях хозяйственных и производственных нужд организаций и посторонних потребителей, присоединенных к РУ СН электростанций;

на каждом обходном выключателе для присоединений, имеющих коммерческий учет, – по одному реверсивному счетчику (1.5.9).

Вопрос. Где устанавливаются коммерческие (расчетные) счетчики активной электроэнергии на подстанциях?

Ответ. Устанавливаются:

на линиях всех классов напряжений, отходящих от шин подстанции;

на межсистемных линиях электропередачи – по одному счетчику одинакового класса точности на каждой стороне линии, а на линиях, по которым возможна реверсивная работа, – по одному реверсивному счетчику одинакового класса точности на каждой стороне линии;

на линиях хозяйственных и производственных нужд, перечень которых определяется нормативными документами;

на каждом обходном выключателе для присоединений, имеющих коммерческий учет, – по одному реверсивному счетчику;

на стороне среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов, если на стороне высшего напряжения отсутствуют измерительные ТТ;

на трансформаторах СН, если электроэнергия, отпущенная на СН, не учитывается другими счетчикам; при этом счетчики рекомендуется устанавливать со стороны низшего напряжения.

Для каждой трансформаторной группы устанавливают отдельные коммерческие счетчики электроэнергии (1.5.11).

Вопрос. В каких случаях допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов?

Ответ. Допускается в случаях, когда ТТ, выбранные по условиям тока КЗ или по характеристикам средств РЗиА, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии, а также когда у имеющихся встроенных ТТ отсутствует обмотка класса точности 0,5.

Если установка дополнительных ТТ со стороны низшего напряжения силовых трансформаторов для включения коммерческих счетчиков невозможна (КРУ, КРУН, ячейки КСО), допускается организация учета на отходящих линиях 6–10 кВ (1.5.12).

Вопрос. В каких случаях допускается устанавливать коммерческие счетчики не на питающем, а на приемном конце линии?

Ответ. Допускается устанавливать, когда ТТ на электростанциях и подстанциях, выбранные по условиям тока КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии (1.5.13).

Вопрос. Где устанавливают коммерческие счетчики реактивной электроэнергии?

Ответ. Устанавливают на присоединениях:

потребителей, рассчитывающихся за активную электроэнергию с учетом реактивной электроэнергии и мощности – на тех же элементах схемы, на которых установлены коммерческие счетчики активной электроэнергии;

источников реактивной мощности, если по ним производится расчет за реактивную электроэнергию, выданную в сеть энергосистемы, или осуществляется контроль заданного режима работы.

На присоединениях, по которым возможно как потребление реактивной электроэнергии, так и ее выдача в сеть, устанавливают реверсивные счетчики (1.5.14).

Организация технического учета электроэнергии

Вопрос. С какой целью устанавливают счетчики технического учета на электростанциях?

Ответ. На всех электростанциях мощностью более 10 МВт устанавливают счетчики технического учета, чтобы обеспечивать возможность вычисления балансов электроэнергии по классам напряжения и по электростанции в целом, а также в системе СН. При этом установка счетчиков активной электроэнергии производится в цепях электродвигателей, питающихся от шин РУ СН напряжением выше 1 кВ, а также в цепях всех трансформаторов, питающихся от этих шин (1.5.15).

Вопрос. С какой целью устанавливают счетчики активной электроэнергии технического учета на подстанциях напряжением 35 кВ и выше?

Ответ. Устанавливаются, чтобы обеспечить возможность вычисления баланса электроэнергии по РУ всех классов напряжения и по подстанции в целом, а также, чтобы обеспечивать контроль режимов электропотребления и возможность определения электропотребления подразделений и предприятий (1.5.16).

Вопрос. С какой целью устанавливаются счетчики реактивной электроэнергии на электростанциях и подстанциях?

Ответ. Устанавливаются для учета поступившей и отпущенной электроэнергии (1.5.17).

Требования к счетчикам электроэнергии

Вопрос. С помощью каких счетчиков производится учет (измерение) активной и реактивной электроэнергии трехфазного тока?

Ответ. Производится с помощью трехфазных счетчиков. В электроустановках напряжением 35 кВ и выше применяют трехфазные трехэлементные счетчики, которые должны включаться в каждую фазу присоединения (1.5.19).

Вопрос. Какие должны быть классы точности у *коммерческих счетчиков* активной и реактивной электроэнергии?

Ответ. Классы точности коммерческих счетчиков активной электроэнергии для различных объектов учета приведены в табл. 1.5.1.

Таблица 1.5.1

Классы точности коммерческих счетчиков активной электроэнергии

Объект учета электроэнергии	Класс точности счетчиков, не ниже
Генераторы мощностью 50 МВт и более	0,2
Линии электропередачи 220 кВ и выше	0,2
Трансформаторы мощностью 63 МВ·А и более	0,2 (0,5)
Генераторы мощностью 12–50 МВт	0,5
Линии электропередачи 35–150 кВ	0,55 (0,5S)
Линии электропередачи и вводы 6–10 кВ с присоединенной мощностью 5 МВт и выше	0,5 (0,5S)
Прочие объекты учета	1 (2)

Класс точности коммерческих счетчиков реактивной электроэнергии может выбираться на одну ступень ниже соответствующего класса точности коммерческих счетчиков активной электроэнергии (1.5.21).

Вопрос. Какими могут быть классы точности *счетчиков технического учета* активной и реактивной электроэнергии?

Ответ. Классы точности счетчиков технического учета активной электроэнергии для различных объектов учета приведены в табл. 1.5.2.

Таблица 1.5.2

Классы точности счетчиков технического учета активной электроэнергии

Объект учета электроэнергии	Класс точности счетчиков, не ниже
Линии электропередачи 110 кВ и выше	0,5
Трансформаторы мощностью 10 МВ·А и более	0,5
Линии электропередачи и вводы 6–35 кВ	1
Прочие объекты учета	2

Класс точности счетчиков технического учета реактивной электроэнергии может выбираться на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков технического учета активной электроэнергии (1.5.22).

Учет электроэнергии с применением измерительных трансформаторов

Вопрос. Какие классы точности ТТ и ТН применяются для присоединения коммерческих счетчиков?

Ответ. Применяются: для присоединения коммерческих счетчиков класса точности 0,2 – как правило, не ниже 0,2 (0,2S); для счетчиков классов точности 0,5 и 1 – не ниже 0,5 (0,5S) и для счетчиков класса точности 2 – не ниже 1 (1.5.23).

Вопрос. Какие классы точности ТТ допускается использовать при установке счетчиков технического учета электроэнергии на присоединениях 35 кВ и ниже?

Ответ. Допускается использование ТТ класса точности 1, а также встроенных ТТ класса точности ниже 1 (1.5.24).

Вопрос. Какие ТТ допускается применять при установке индукционных счетчиков?

Ответ. Допускается применение ТТ с завышенным коэффициентом трансформации (по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин), если при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке ТТ будет составлять не менее 40 % номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке – не менее 5 % (1.5.25).

Вопрос. Каковы требования настоящих Правил по включению счетчиков с измерительными ТТ?

Ответ. Подключение токовых обмоток коммерческих счетчиков к вторичным обмоткам ТТ производится, как правило, отдельно от цепей защиты и электроизмерительных приборов.

На линиях электропередачи 35 кВ и выше допускается включение счетчиков совместно с электроизмерительными приборами. При этом последние присоединяются через измерительные преобразователи или промежуточные ТТ.

Использование промежуточных ТТ для включения коммерческих счетчиков не допускается (1.5.26).

Вопрос. Какими выбираются сечение, длина проводов и кабелей в цепях напряжения коммерческих счетчиков?

Ответ. Выбираются такими, чтобы падение напряжения в этих цепях составляло не более:

0,25 % номинального напряжения при соединении счетчика с ТН класса точности 0,2;

0,5 % номинального напряжения при соединении счетчика с ТН класса точности 0,5;

1,0 % номинального напряжения при соединении счетчика с ТН класса точности 1.

Падение напряжения в линиях соединения ТН со счетчиками технического учета принимается не более 1,5 % номинального напряжения (1.5.28).

Вопрос. Какие требования предъявляются к цепям учета электроэнергии?

Ответ. Цепи учета выводят на отдельные сборки зажимов, которые обеспечивают возможность закорачивания вторичных цепей ТТ, отключение токовых цепей счетчиков и цепей напряжения в каждой фазе счетчиков при их замене или проверке, а также включение эталонного счетчика без отсоединения проводов и кабелей. Допускается установка специализированных испытательных блоков, выполняющих те же функции (1.5.31).

Вопрос. Какая защита от несанкционированного доступа к счетчикам обеспечивается на подстанциях?

Ответ. Защита обеспечивается конструкцией решеток и дверей камер, в которых установлены предохранители на стороне высшего напряжения ТН, используемых для подключения коммерческих счетчиков. На рукоятках приводов разъединителей этих ТН устанавливаются приспособления для защиты от несанкционированного доступа (1.5.34).

Установка счетчиков и электропроводка к ним

Вопрос. В каких помещениях размещаются счетчики?

Ответ. Счетчики размещаются в закрытых помещениях с рабочими климатическими условиями, указанными в эксплуатационной документации на них, в доступных для снятия показаний местах.

Допускается размещение счетчиков в неотапливаемых помещениях и коридорах РУ электростанций и подстанций, а также в шкафах наружной установки. При этом предусматривается стационарное утепление счетчиков в холодное время (утепление шкафов подогревом воздуха внутри них с помощью нагревательных элементов и обеспечения внутри шкафов температуры, соответствующей паспортным данным счетчиков) (1.5.35).

Вопрос. В каких местах устанавливаются счетчики в камерах РУ (КРУ, КРУН, ВРУ)?

Ответ. Устанавливаются на панелях, щитах и в специальных шкафах, обеспечивающих выполнение требований условий эксплуатации счетчиков.

Высота от пола до коробки зажимов счетчиков выбирается в пределах 0,8–1,7 м (1.5.36).

Вопрос. Что необходимо предусматривать для счетчиков в местах их установки, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц (проходы, лестничные клетки и т. п.)?

Ответ. Предусматриваются запирающиеся шкафы с окошками на уровне устройства отображения информации. При этом высота от пола до зажимов счетчиков принимается не более 2,2 м (1.5.37).

Вопрос. Что предусматривается для присоединения счетчиков непосредственного включения?

Ответ. Предусматриваются концы проводов длиной не менее 120 мм. На изоляции или оболочке нулевого рабочего проводника на длине 100 мм перед счетчиком наносится отличительная окраска (1.5.41).

Вопрос. Что следует предусмотреть для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 1 кВ?

Ответ. Предусматривается возможность отключения счетчика установленным до него на расстоянии не более 10 м коммутационным аппаратом или предохранителями. Снятие напряжения предусматривается со всех фаз, присоединяемых к счетчику.

Трансформаторы тока, используемые для присоединения счетчиков на напряжении до 1 кВ, устанавливаются после коммутационных аппаратов по направлению потока мощности (1.5.42).

Автоматизация контроля и учета электроэнергии

Вопрос. В каких целях создаются автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и мощности (АСКУЭ)?

Ответ. АСКУЭ создаются в целях:

повышения точности измерений для учета электроэнергии и мощности при ее производстве, передаче, распределении и потреблении;

обеспечения пользователей точной, привязанной к единому астрономическому времени, достоверной и легитимной информацией об электроэнергии и мощности;

формирования информации, необходимой для всех видов учета (коммерческого и технического) электроэнергии и мощности, а также для осуществления коммерческих расчетов по любым видам тарифов;

формирования информации для контроля выполнения договорных обязательств между продавцами и покупателями электроэнергии и управления режимами электропотребления (1.5.44).

Вопрос. Где рекомендуется предусматривать АСКУЭ?

Ответ. Рекомендуется предусматривать:

на всех электростанциях, работающих параллельно в электрической сети, кроме передвижных и резервных;

на всех подстанциях с межсистемными перетоками;

на подстанциях энергоснабжающих организаций.

АСКУЭ могут устанавливаться в электроустановках потребителей (1.5.45).

Вопрос. Что является исходной информацией для АСКУЭ?

Ответ. Являются данные, получаемые от счетчиков, имеющих числоимпульсный или/и цифровой интерфейс.

Сбор, обработка, хранение и передача информации об электроэнергии и мощности на объектах осуществляются с помощью метрологически поверенных, защищенных от несанкционированного доступа и сертифицированных для коммерческих расчетов устройств или микропроцессорных (многофункциональных) счетчиков. АСКУЭ электростанций и подстанций создаются как коммерческие системы, охватывающие все точки коммерческого и технического учета электроэнергии, обеспечивающие получение полного баланса электроэнергии на объекте, включая балансы по классам напряжения (1.5.47).

Глава 1.6. ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Область применения, общие требования

Вопрос. Какова область распространения настоящей главы Правил?

Ответ. Распространяется на измерения электрических величин, выполняемые с помощью средств измерений (стационарных показывающих и регистрирующих приборов, измерительных преобразователей и др.).

Правила не распространяются на лабораторные измерения и на измерения, осуществляемые с помощью переносных измерительных приборов (1.6.1).

Вопрос. Как выбираются средства измерений электрических величин?

Ответ. Выбираются с учетом следующих положений:

класс точности измерительных приборов принимается не ниже 1,5 (допускается использование стрелочных щитовых приборов класса точности 2,5, если по ним не производится непрерывный контроль технологического режима работы оборудования);

классы точности измерительных шунтов, добавочных резисторов, измерительных трансформаторов и измерительных преобразователей принимаются не ниже приведенных в табл. 1.6.1.

измерительные приборы одной электрической величины на пункте управления энергообъектов и на диспетчерском пункте подключаются к одним и тем же обмоткам измерительных ТТ и ТН, а также к однотипным измерительным преобразователям;

пределы измерений приборов выбираются с учетом возможных наибольших длительных отклонений измеряемых величин от их номинальных значений. При этом наименьшее значение измеряемой величины должно составлять, как правило, не менее 60–70 % предела измерений прибора (1.6.2).

Таблица 1.6.1

Классы точности средств измерений

Прибор	Шунт, добавочный *резистор*	Измерительный *преобразователь*	Измерительный *трансформатор*
0,5	0,2	0,2	0,2*
1,0	0,5	0,5	0,5
1,5	0,5	0,5	0,5
2,5	0,5	1,0	1,0

* Допускается 0,5.

Вопрос. Где производится установка измерительных приборов?

Ответ. Производится, как правило, в пунктах, откуда осуществляется управление или производится периодический контроль технологического режима оборудования.

На подстанциях и гидроэлектростанциях без постоянного присутствия оперативного персонала допускается не устанавливать стационарные показывающие приборы; при этом предусматриваются места для присоединения переносных приборов (1.6.3).

Вопрос. Что допускается Правилами при установке регистрирующих приборов на щите управления?

Ответ. Допускается не устанавливать показывающие приборы для непрерывных измерений тех же величин (1.6.5).

Измерения тока

Вопрос. В каких цепях выполняются измерения тока?

Ответ. Выполняются в цепях всех классов напряжений, где необходим систематический контроль технологического процесса или работы оборудования (1.6.6).

Вопрос. В каких цепях выполняются измерения постоянного тока?

Ответ. Выполняются в цепях:

генераторов постоянного тока и силовых преобразователей;

аккумуляторных батарей, зарядных, подзарядных и разрядных устройств;

возбуждения синхронных генераторов, компенсаторов, а также электродвигателей с регулируемым возбуждением;

электродвигателей привода питателей топлива;

электродвигателей аварийных маслонасосов и маслонасосов уплотнений вала турбогенераторов.

Амперметры постоянного тока используются с двухсторонними шкалами, если возможно изменение направления тока (1.6.7).

Вопрос. Какие измерения выполняются в цепях переменного трехфазного тока?

Ответ. В таких цепях, как правило, измеряется ток одной фазы.

Измерения тока в трех фазах выполняются:

для синхронных генераторов и компенсаторов независимо от мощности. При этом один из трех амперметров в цепи статора выбирается со шкалой, рассчитанной на удвоенный номинальный ток машины;

для линий электропередачи с пофазным управлением, линий с продольной компенсацией и линий, для которых предусматривается возможность длительной работы в неполнофазном режиме. В обоснованных случаях предусматриваются измерения тока каждой фазы линий электропередачи 220 кВ и выше с трехфазным управлением;

для электроустановок, работающих с несимметрией нагрузок по фазам (например, электротермические, электросварочные установки и др.) (1.6.8).

Вопрос. В каких цепях производится регистрация тока?

Ответ. Производится в цепях:

одной фазы статора генераторов мощностью 12 МВт и более и одной фазы синхронных компенсаторов мощностью 25 МВ·А и более;

ротора генераторов с непосредственным охлаждением 12 МВт и более;

одной фазы линий 220–500 кВ электростанций;

трех фаз линий 750 кВ и выше (1.6.9).

Измерения напряжения

Вопрос. Где выполняются измерения напряжения?

Ответ. Как правило, выполняются:

на секциях сборных шин переменного и постоянного тока, которые могут работать раздельно, а также на линиях электропередачи при отсутствии сборных шин РУ подстанции (схемы «мостик», «блок линия-трансформатор», «четырехугольник», «расширенный четырехугольник» и др.). Допускается установка одного прибора с переключением на несколько точек измерений. На подстанциях допускается измерять напряжение только на стороне низшего напряжения, если установка трансформатора напряжения на стороне высшего напряжения не требуется для других целей;

в цепях генератора постоянного и переменного тока, синхронных компенсаторов, а также в отдельных случаях в цепях агрегатов специального назначения;

в цепях возбуждения синхронных машин мощностью 1 МВт и более;

на стороне низшего или среднего напряжения автотрансформаторов 330 кВ и выше с регулированием напряжения в нейтрали для возможности контроля перевозбуждения магнитопровода;

в цепях силовых преобразователей, аккумуляторных батарей, зарядных и подзарядных устройств;

в цепях дугогасящих реакторов.

В трехфазных сетях, как правило, производятся измерения одного междуфазного напряжения (1.6.10).

Вопрос. Какие измерительные приборы применяются на сборных шинах 110 кВ и выше электростанций и подстанций, являющихся узловыми точками (в части ведения режима энергосистемы)?

Ответ. Применяются щитовые приборы непрерывного измерения класса точности не ниже 1,0 и измерительные приборы класса точности не ниже 0,5 (1.6.11).

Вопрос. Где производят регистрацию значений одного междуфазного напряжения?

Ответ. Производят:

на сборных шинах 110 кВ и выше электростанций и узловых подстанций;

на блочных синхронных генераторах мощностью 12 МВт и более и синхронных компенсаторов мощностью 25 МВ·А и более (1.6.12).

Измерения мощности

Вопрос. В каких цепях выполняются измерения мощности?

Ответ. Выполняются в цепях:

у генераторов – активной и реактивной мощности;

конденсаторных батарей мощностью 25 Мвар и более и синхронных компенсаторов – реактивной мощности;

трансформаторов и линий, питающих СН напряжением 6 кВ и выше электростанций, – активной мощности;

повышающих двухобмоточных трансформаторов электростанций – активной и реактивной мощности. Для трансформаторов, работающих в блоке с генератором, измерения мощности выполняются на генераторном напряжении. В цепях повышающих трехобмоточных трансформаторов (или автотрансформаторов с использованием обмотки низшего напряжения) измерения активной и реактивной мощности выполняются со стороны среднего и низшего напряжения;

понижающих трансформаторов напряжением 220 кВ и выше – активной и реактивной мощности, напряжением 110–150 кВ – активной мощности. В цепях понижающих двухобмоточных трансформаторов измерения мощности выполняются со стороны низшего напряжения, а в цепях понижающих трехобмоточных трансформаторов – со стороны среднего и низшего напряжения;

линий напряжением 110 кВ и выше с двухсторонним питанием, линий 110–220 кВ подстанций со схемой «мостик» (при наличии щита управления) – активной и реактивной мощности;

обходных выключателей – активной и реактивной мощности (1.6.13).

Вопрос. Какими выбирают щитовые показывающие приборы, устанавливаемые в цепях, в которых направление мощности может изменяться?

Ответ. Выбирают с двухсторонней шкалой и классом точности не ниже 1,0, а измерительные преобразователи – с классом точности не ниже 0,5 (1.6.14).

Вопрос. Какая мощность должна регистрироваться?

Ответ. Производится регистрация:

активной мощности турбогенераторов 60 МВт и более;

суммарной мощности электростанций мощностью 200 МВт и более (1.6.15).

Измерения частоты

Вопрос. Где выполняются измерения частоты?

Ответ. Измерения частоты выполняются:

на каждой секции шин генераторного напряжения;

на каждом генераторе блочной электростанции;

на каждой системе (секции) шин высших напряжений электростанции;

в узлах возможного деления энергосистем на несинхронно работающие части (1.6.16).

Вопрос. Где производится регистрация частоты или ее отклонения от заданного значения?

Ответ. Производится на шинах высших напряжений:

электростанций мощностью 200 МВт и более;

электростанций мощностью 6 МВт и более, работающих изолированно.

Абсолютная погрешность регистрации частоты принимается в пределах ±0,1 Гц (1.6.17).

Измерения при синхронизации

Вопрос. Какие приборы предусматриваются для измерений при точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации?

Ответ. Предусматриваются два вольтметра, два частотомера и синхроноскоп (1.6.18).

Контроль изоляции

Вопрос. В каких сетях выполняется автоматический контроль изоляции?

Ответ. Выполняется в сетях переменного тока напряжением выше 1000 В с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор (или резистор) нейтралью, в сетях переменного тока напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока с изолированными полюсами или изолированной средней точкой. Действует на сигнал при снижении сопротивления изоляции фаз (или полюсов) ниже заданного значения с последующим контролем асимметрии напряжения при помощи показывающего прибора (1.6.19).

Вопрос. Какой контроль выполняется в объединенных сетях силового и оперативного постоянного тока, работающих с изолированными полюсами электрических станций и подстанций?

Ответ. Выполняются:

автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении сопротивления изоляции ниже заданного значения;

измерения напряжения между каждым полюсом и «землей» и между полюсами (1.6.20).

Регистрация электрических величин в аварийных режимах

Вопрос. Какие приборы предусматриваются для автоматической регистрации аварийных процессов?

Ответ. Предусматриваются аварийные осциллографы (автоматические осциллографы), в том числе отдельные или встроенные в устройства защиты на микропроцессорах, регистраторы аварийных процессов или другие автоматические устройства, имеющие возможность записи предаварийного режима (1.6.21).

Вопрос. Чем определяется количество регистраторов аварийных процессов и их расстановка на энергообъекте?

Ответ. Определяется:

возможностями средств регистрации (одно устройство на одно или несколько присоединений);

наличием встроенных в микропроцессорное устройство релейной защиты цифровых осциллографов;

системой АСУ ТП энергообъекта (1.6.22).

Вопрос. Каковы рекомендации настоящих Правил по регистрации отключаемых токов КЗ?

Ответ. Рекомендуется предусматривать регистрацию отключаемых токов КЗ в цепи выключателей напряжением 110 кВ и выше (1.6.24).

Вопрос. Какие дополнительные устройства рекомендуется устанавливать для анализа действия устройств противоаварийной системной автоматики?

Ответ. Рекомендуется устанавливать дополнительные аварийные осциллографы или другие автоматические устройства. Их расстановка и выбор регистрируемых ими параметров предусматривается в проектах противоаварийной системной автоматики (1.6.26).

Вопрос. Какие средства рекомендуется устанавливать для дистанционного определения мест повреждения (ОМП)?

Ответ. На электростанциях и подстанциях должны устанавливаться средства, обеспечивающие дистанционное ОМП всех отходящих ВЛ напряжением 110 кВ и выше, длиною более 20 км.

На ВЛ 6–10 кВ рекомендуется установка фиксирующих приборов, реагирующих на токи и напряжения обратной последовательности.

На подстанциях устанавливаются автоматические импульсные искатели мест повреждения:

при высшем напряжении ВЛ 330–750 кВ;

высшем напряжении 220 кВ и наличии не менее двух ВЛ 220 кВ длиной более 100 км без ответвлений или длиной ее участка до первого ответвления более 80 км;

наличии ВЛ 220 кВ, проходящих в зоне многолетних мерзлых грунтов и скальных пород;

наличии ВЛ 220 кВ, имеющих труднодоступные трассы в горной или болотистой местности (1.6.27).

Вопрос. К каким ТТ и ТН подключаются средства ОПМ?

Ответ. Подключаются к тем же ТТ и ТН, что и устройства резервной релейной защиты. Запуск автоматических искателей места повреждений предусматривается от выходных реле селективных релейных защит (1.6.29).

Глава 1.7. ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Область применения

Вопрос. На какие электроустановки распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на все электроустановки переменного и постоянного тока напряжением до 1 кВ и выше и содержит общие требования к их заземлению и защите людей и животных от поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции (1.7.1).

Вопрос. Как разделяются электроустановки в отношении мер электробезопасности?

Ответ. Разделяются:

на электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с глухозаземленной или эффективно заземленной нейтралью;

электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;

электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью;

электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью (1.7.2).

Вопрос. Какие обозначения приняты для электроустановок напряжением до 1 кВ?

Ответ. Приняты следующие обозначения:

система TN – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а ОПЧ электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников;

система TN-C – система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении;

система TN-S – система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении;

система TN-C-S - система *TN*, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания;

система IT – система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а ОПЧ электроустановки заземлены;

система TT – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а ОПЧ электроустановки заземлены при помощи заземляющего

устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника (1.7.3).

Вопрос. Что обозначают буквы в обозначениях систем заземления?

Ответ. Первая буква обозначает состояние нейтрали источника питания относительно земли:

T – заземленная нейтраль;

I – изолированная нейтраль.

Вторая буква обозначает состояние ОПЧ относительно земли:

T – ОПЧ заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети;

N – ОПЧ присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания.

Последующие (после *N*) буквы обозначают совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

S – нулевой рабочий (*N*) и нулевой защитный (*PE*) проводники разделены;

C – функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (*PEN*-проводник).

N – нулевой рабочий (нейтральный) проводник;

PE – защитный проводник (заземляющий проводник, нулевой защитный проводник, защитный проводник системы уравнивания потенциалов);

PEN – совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник (1.7.3).

Вопрос. Какая электрическая сеть является сетью с эффективно заземленной нейтралью?

Ответ. Является трехфазная электрическая сеть напряжением выше 1 кВ, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4.

Коэффициентом замыкания на землю в трехфазной электрической сети называется отношение разности потенциалов между неповрежденной фазой и землей в точке замыкания на землю другой или двух других фаз к разности потенциалов между фазой и землей в этой точке до замыкания (1.7.4).

Общие требования

Вопрос. Какие меры защиты от прямого прикосновения должны быть применены в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты:

основная изоляция;
ограждения и оболочки;
установка барьеров;
размещение вне зоны досягаемости;
применение СНН.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА (1.7.50).

Вопрос. Какие меры защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении должны быть применены в случае повреждения изоляции?

Ответ. Должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты:

защитное заземление;
автоматическое отключение питания;
уравнивание потенциалов;
выравнивание потенциалов;
двойная или усиленная изоляция;
СНН;
защитное электрическое разделение цепей;
изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки (1.7.51).

Вопрос. В каких случаях следует выполнять защиту при косвенном прикосновении?

Ответ. Следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного тока и 120 В постоянного тока.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока – при наличии требований соответствующих глав ПУЭ (1.7.53).

Вопрос. При каком условии не требуется защита от прямого прикосновения?

Ответ. Не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока – во всех случаях (1.7.53).

Вопрос. Какие заземлители могут быть использованы для заземления электроустановок?

Ответ. Могут быть использованы искусственные или естественные заземлители. Если при использовании естественных заземлителей сопротивление заземляющих устройств или напряжение прикосновения имеет допустимое значение, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на заземляющем устройстве и допустимые плотности токов в естественных заземлителях, выполнение искусственных заземлителей в электроустановках напряжением до 1 кВ не обязательно (1.7.54).

Вопрос. Каким требованиям должно удовлетворять заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений?

Ответ. Для заземления в электроустановках разных назначений и напряжений, территориально сближенных, следует, как правило, применять одно общее заземляющее устройство. Оно должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: 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.

Заземляющие устройства защитного заземления электроустановок зданий и сооружений и молниезащиты 2-й и 3-й категорий этих зданий и сооружений, как правило, должны быть общими (1.7.55).

Вопрос. От какого источника должны получать питание электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок?

Ответ. Должны получать питание, как правило, от источника с глухозаземленной нейтралью с применением системы *TN*.

Для защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания (1.7.57).

Вопрос. В каких случаях следует выполнять питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью с применением системы *IT*?

Ответ. Следует выполнять, как правило, при недопустимости перерыва питания при первом замыкании на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой уравнивания потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети или применены УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. При двойном замыкании должно быть выполнено автоматическое отключение питания (1.7.58).

Вопрос. В каких случаях допускается питание электроустановок напряжением до 1 кВ от источника с глухозаземленной нейтралью и с заземлением открытых проводящих частей при помощи заземлителя, не присоединенного к нейтрали (система *TT*)?

Ответ. Допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности в системе *TN* не могут быть обеспечены. Для защиты при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания с обязательным применением УЗО. При этом должно быть соблюдено условие:

$$R_a I_a \le 50 \text{ В},$$

где I_a – ток срабатывания защитного устройства;

R_a – суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника; при применении УЗО для защиты нескольких электроприемников – заземляющего проводника наиболее удаленного электроприемника (1.7.59).

Вопрос. В каких случаях и в каких точках сети рекомендуется выполнять повторное заземление *PE*- и *PEN*-проводников?

Ответ. Рекомендуется выполнять при применении системы *TN* на вводе в электроустановки зданий, а также в других доступных местах. Для повторного заземления в первую очередь следует использовать естественные заземлители. Сопротивление заземлителя повторного заземления не нормируется (1.7.61).

Вопрос. Какие защиты следует применять в случае, если время автоматического отключения не удовлетворяет условиям для систем заземления *TN* и *IT*?

Ответ. В этом случае защита при косвенном прикосновении для отдельных частей электроустановки или отдельных электроприемников может быть выполнена применением двойной или усиленной изоляции (электрооборудование класса II), СНН (электрооборудование класса III), электрического разделения цепей изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок (1.7.62).

Вопрос. Какая защита должна быть в системе *IT* напряжением до 1 кВ, связанной через трансформатор с сетью напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Система должна быть защищена пробивным предохранителем от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора. Пробивной предохранитель должен быть установлен в нейтрали или в фазе на стороне низкого напряжения каждого трансформатора (1.7.63).

Вопрос. В каких электроустановках должна быть предусмотрена защита от замыкания на землю?

Ответ. Должна быть предусмотрена в электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью для обеспечения возможности быстрого обнаружения замыканий на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение по всей электрически связанной сети в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяные разработки и т. п.) (1.7.64).

Вопрос. Какое заземление должно быть выполнено в электроустановках напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью?

Ответ. Для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено защитное заземление ОПЧ (1.7.65).

Меры защиты от прямого прикосновения

Вопрос. Какие требования предъявляют Правила к исполнению основной изоляции токоведущих частей?

Ответ. Основная изоляция токоведущих частей должна покрывать токоведущие части и выдерживать все возможные воздействия, которым она может подвергаться в процессе эксплуатации. Удаление изоляции должно быть возможно только путем ее разрушения. Лакокрасочные покрытия не являются изоляцией, защищающей от поражения электрическим током, за исключением случаев, специально оговоренных техническими условиями на конкретные изделия (1.7.67).

Вопрос. Какую степень защиты должны иметь ограждения и оболочки в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Ограждения и оболочки должны иметь степень защиты не менее IP2X, за исключением случаев, когда большие зазоры необходимы для нормальной работы электрооборудования (1.7.68).

Вопрос. Для какого вида защиты предназначены барьеры?

Ответ. Барьеры предназначены для защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям в электроустановках напряжением до 1 кВ или приближения к ним на опасное расстояние в электроустановках напряжением выше 1 кВ, но не исключают преднамеренного прикосновения

и приближения к токоведущим частям при обходе барьера. Барьеры должны быть из изолирующего материала (1.7.69).

Вопрос. В каких случаях для защиты от прямого прикосновении к токоведущим частям в электроустановках до 1 кВ может быть применено *размещение вне зоны досягаемости* или приближения к ним на опасное расстояние в электроустановках напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Может быть применено при невозможности выполнения мер, указанных в ответах на два предыдущих вопроса, или их недостаточности. При этом расстояние между доступными одновременному прикосновению проводящими частями в электроустановках напряжением до 1 кВ должно быть не менее 2,5 м. Внутри зоны досягаемости не должно быть частей, имеющих разные потенциалы и доступных одновременному прикосновению.

В вертикальном направлении зона досягаемости в электроустановках напряжением до 1 кВ должна составлять 2,5 м от поверхности, на которой находятся люди (1.7.70).

Вопрос. При каких условиях не требуется защита от прямого прикосновения в электропомещениях электроустановок напряжением до 1 кВ?

Ответ. Не требуется защита при одновременном выполнении следующих условий:

эти помещения отчетливо обозначены, и доступ в них возможен только с помощью ключа;

обеспечена возможность свободного выхода из помещения без ключа, даже если оно заперто на ключ снаружи;

минимальные размеры проходов обслуживания соответствуют требованиям гл. 4.1 настоящих Правил (1.7.72).

Меры защиты от прямого и косвенного прикосновений

Вопрос. Что может быть применено в качестве защитных мер для защиты от поражения электрическим током при прямом и/или косвенном прикосновениях в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Может быть применено СНН в сочетании с защитным электрическим разделением цепей или в сочетании с автоматическим отключением питания (1.7.73).

Вопрос. Что следует применять в качестве источника питания цепей СНН?

Ответ. Следует применять безопасный разделительный трансформатор или другой источник СНН, обеспечивающий равноценную степень безопасности (1.7.73).

Вопрос. Какие требования предъявляются к прокладке проводников цепей СНН?

Ответ. Должны быть, как правило, проложены отдельно от проводников более высоких напряжений и защитных проводников, либо отделены от них заземленным металлическим экраном (оболочкой), либо заключены в неметаллическую оболочку дополнительно к основной изоляции.

Вилки и розетки штепсельных соединителей в цепях СНН не должны допускать подключения к розеткам и вилкам других напряжений. Штепсельные розетки должны быть без защитного контакта (1.7.73).

Вопрос. Какая дополнительная защита от прямого прикосновения должна быть выполнена при значениях СНН выше 25 В переменного или 60 В постоянного тока?

Ответ. Должна быть также выполнена защита при помощи ограждений или оболочек или изоляции, соответствующей испытательному напряжению 500 В переменного тока в течение 1 мин (1.7.73).

Вопрос. Когда следует применять СНН в сочетании с электрическим разделением цепей?

Ответ. Следует применять, когда при помощи СНН необходимо обеспечить защиту от поражения электрическим током при повреждении изоляции не только в цепи СНН, но и при повреждении изоляции в других цепях, например, в цепи, питающей источник (1.7.74).

Меры защиты при косвенном прикосновении

Вопрос. На какие элементы электроустановки распространяются требования защиты при косвенном прикосновении?

Ответ. Распространяются:

на корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;

приводы электрических аппаратов;

каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемных или открывающихся частей, если на последних установлено электрооборудование напряжений выше 50 В переменного или 120 В постоянного тока (в случаях, предусмотренных соответствующими главами Правил – выше 25 В переменного или 60 В постоянного тока);

металлические конструкции РУ, кабельные конструкции, кабельные муфты, оболочки и броню контрольных и силовых кабелей, оболочки проводов, рукава и трубы электропроводки, оболочки и опорные конструкции шинопроводов (токопроводов), лотки, короба, струны, тросы и полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с зануленной или заземленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;

металлические оболочки и броню контрольных и силовых кабелей и проводов на напряжения, не превышающие указанных в п. 1.7.53 Правил, проложенные на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т. п. с кабелями и проводами на более высокие напряжения;

металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

При применении в качестве защитной меры автоматического отключения питания указанные открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания в системе *TN* и заземлены в системах *IT* и *TT* (1.7.76).

Вопрос. Какие элементы электроустановки не требуется преднамеренно присоединять к нейтрали источника в системе *TN* и заземлять в системах *IT* и *TT*?

Ответ. Не требуется преднамеренно присоединять к нейтрали источника и заземлять:

корпуса электрооборудования и аппаратов, установленных на металлических основаниях: конструкциях, РУ, щитах, шкафах, станинах станков, машин и механизмов, присоединенных к нейтрали источника питания или заземленных, при обеспечении надежного электрического контакта этих корпусов с основаниями;

конструкции, перечисленные в п. 1.7.76 Правил, при обеспечении надежного электрического контакта между этими конструкциями и установленным на них электрооборудованием, присоединенным к защитному проводнику;

съемные или открывающиеся части металлических каркасов камер РУ, шкафов, ограждений и т. п., если на съемных (открывающихся) частях не установлено электрооборудование или если напряжение установленного электрооборудования не превышает значений, указанных в п. 1.7.53 Правил;

арматуру изоляторов ВЛ и присоединяемые к ней крепежные детали;

ОПЧ электрооборудования с двойной изоляцией;

металлические скобы, закрепы, отрезки труб механической защиты кабелей в местах их прохода через стены и перекрытия и другие подобные детали электропроводок площадью до 100 см², в том числе протяжные и ответвительные коробки скрытых электропроводок (1.7.77).

Вопрос. Какие требования предъявляются к ОПЧ при выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Все они должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания, если применена система *TN*, и заземлены, если применены системы *IT* и *TT*. При этом характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения поврежденной цепи защитно-коммутационным аппаратом в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети (1.7.78).

Вопрос. Каким должно быть время автоматического отключения питания в системе *TN*?

Ответ. Не должно превышать значений, указанных в табл. 1.7.1.

Таблица 1.7.1

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для систем *TN*

Номинальное фазное напряжение U_0, В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Приведенные значения времени отключения считаются достаточными для обеспечения электробезопасности, в том числе в групповых цепях, питающих передвижные и переносные электроприемники и ручной электроинструмент класс I.

В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и др. щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с.

Допускаются значения времени отключения более указанных в табл. 1.7.1, но не более 5 с в цепях, питающих только стационарные электроприемники от распределительных щитов или щитков при выполнении одного из следующих условий:

полное сопротивление защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитком не превышает значения, Ом:

$$50 \cdot Z_ц / U_0,$$

где $Z_ц$ – полное сопротивление цепи «фаза-нуль», Ом,
U_0 – номинальное фазное напряжение цепи, В,
50 – падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, В;

к шине *PE* распределительного щита или щитка присоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части, что и основная система уравнивания потенциалов.

Допускается применение УЗО, реагирующих на дифференциальный ток (1.7.79).

Вопрос. В каких цепях не допускается применять УЗО, реагирующие на дифференциальный ток?

Ответ. Не допускается применять в четырехпроводных трехфазных цепях (система *TN-C*). В случае необходимости применения УЗО для защиты отдельных электроприемников, получающих питание от системы *TN-C*, защитный *PE* проводник электроприемника должен быть подключен к *PEN*-проводнику цепи, питающей электроприемник, до защитно-коммутационного аппарата (1.7.80).

Вопрос. Чему должно быть равным время автоматического отключения питания при двойном замыкании на ОПЧ в системе *IT*?

Ответ. Должно соответствовать данным табл. 1.7.2 (1.7.81).

Таблица 1.7.2

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *IT*

Номинальное линейное напряжение U_0, В	Время отключения, с
220	0,8
380	0,4
660	0,2
Более 660	0,1

Вопрос. Какие проводящие части должна соединять *основная система уравнивания потенциалов* в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Должна соединять следующие проводящие части:

нулевой защитный *PE* или *PEN* проводник питающей линии в системе *TN*;

заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах *IT* и *TT*;

заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);

металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т. п.;

металлические части каркаса здания;

металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине *PE* щитов питания вентиляторов и кондиционеров;

заземляющее устройство систем молниезащиты 2-й и 3-й категорий;

заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;

металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов (1.7.82).

Вопрос. Что должна соединять между собой *система дополнительного уравнивания потенциалов*?

Ответ. Должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению ОПЧ стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе *TN* и защитные заземляющие проводники в системах *IT* и *TT*, включая защитные проводники штепсельных розеток (1.7.83).

Вопрос. Как обеспечить защиту при помощи *двойной или усиленной изоляции*?

Ответ. Такая защита может быть обеспечена применением электрооборудования класса II или заключением электрооборудования, имеющего только основную изоляцию токоведущих частей, в изолирующую оболочку.

Проводящие части оборудования с двойной изоляцией не должны быть присоединены к защитному проводнику и к системе уравнивания потенциалов (1.7.84).

Вопрос. В каких случаях следует применять *защитное электрическое разделение цепей*?

Ответ. Следует применять, как правило, для одной цепи.

Наибольшее рабочее напряжение отделяемой цепи не должно превышать 500 В.

Токоведущие части цепи, питающейся от разделительного трансформатора, не должны иметь соединений с заземленными частями и защитными проводниками других цепей (1.7.85).

Вопрос. Допускается ли питание нескольких электроприемников от одного разделительного трансформатора?

Ответ. Допускается при одновременном выполнении следующих условий:

ОПЧ отделяемой цепи не должны иметь электрической связи с металлическим корпусом источника питания;

ОПЧ отделяемой цепи должны быть соединены между собой изолированными незаземленными проводниками местной системы уравнивания потенциалов, не имеющей соединений с защитными проводниками и ОПЧ частями других цепей;

все штепсельные розетки должны иметь защитный контакт, присоединенный к местной системе уравнивания потенциалов;

все гибкие кабели, за исключением питающих оборудование класса II, должны иметь защитный проводник, применяемый в качестве проводника уравнивания потенциалов;

время отключения устройством защиты при двухфазном замыкании на ОПЧ не должно превышать время, указанное в табл. 1.7.2 (1.7.85).

Вопрос. В каких случаях могут быть применены *изолирующие (непроводящие) помещения, зоны и площадки* в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Могут быть применены, когда требования к автоматическому отключению питания не могут быть выполнены, а применение других защитных мер невозможно либо нецелесообразно (1.7.86).

Вопрос. Каким должно быть сопротивление относительно локальной земли изолирующего пола и стен таких помещений, зон и площадок?

Ответ. Должно быть не менее:

50 кОм при номинальном напряжении электроустановки до 500 В включительно, измеренное мегаомметром на напряжение 500 В;

100 кОм при номинальном напряжении электроустановки более 500 В, измеренное мегаомметром на напряжение 1000 В (1.7.86).

Вопрос. При соблюдении каких условий допускается использование электрооборудования класса 0 для изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок?

Ответ. Допускается использование при соблюдении по крайней мере одного из трех следующих условий:

ОПЧ удалены одна от другой и от сторонних проводящих частей не менее чем на 2 м. Допускается уменьшение этого расстояния вне зоны досягаемости до 1,25 м;

ОПЧ отделены от сторонних проводящих частей барьерами из изоляционного материала. При этом расстояния не менее указанных выше должны быть обеспечены с одной стороны барьера;

сторонние проводящие части покрыты изоляцией, выдерживающей испытательное напряжение не менее 2 кВ в течение 1 мин (1.7.86).

Вопрос. Какие классы применяемого электрооборудования следует принимать в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» при выполнении мер защиты в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Следует принимать в соответствии с табл. 1.7.3 (1.7.87).

Таблица 1.7.3

Применение электрооборудования в электроустановках напряжением до 1 кВ

Класс по ГОСТ 12.2.007.0 РМЭК536	Маркировка	Назначение защиты	Условия применения электрооборудования в электроустановке
Класс 0	–	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника
Класс I	Защитного зажима знаком ⏚ или буквами *PE*, или желто-зелеными полосами	При косвенном прикосновении	Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к защитному проводнику электроустановки
Класс II	Знаком ▭	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
Класс III	Знаком ⋔	От прямого и косвенного прикосновения	Питание от безопасного разделительного трансформатора

Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью

Вопрос. Каким должно быть напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю?

Ответ. Не должно, как правило, превышать 10 кВ. Напряжение выше 10 кВ допускается на заземляющих устройствах, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних сооружений 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 (1.7.89).

Вопрос. Каковы требования к сопротивлению заземляющего устройства?

Ответ. Должно быть в любое время года не более 0,5 Ом с учетом сопротивления естественных и искусственных заземлителей (1.7.90).

Вопрос. Как следует прокладывать продольные заземлители с целью выравнивания потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю?

Ответ. Должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5–0,7 м от поверхности земли и на расстоянии 0,8–1,0 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 расстояния между основаниями или фундаментами двух рядов не превышает 3,0 м (1.7.90).

Вопрос. Как следует прокладывать поперечные заземлители?

Ответ. Следует прокладывать в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5–0,7 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 6×6 м (1.7.90).

Вопрос. Каким должно быть расчетное время действия защиты при определении значений допустимого напряжения прикосновения?

Ответ. В качестве расчетного времени воздействия следует принимать сумму времени действия защиты и полного времени отключения выключателя. При определении допустимых значений напряжения 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. *Рабочее место* следует понимать как место оперативного обслуживания электрических аппаратов (1.7.91).

Вопрос. Каким должно быть расстояние между продольными и поперечными горизонтальными искусственными заземлителями?

Ответ. Должно быть не более 30 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 0,1–0,2 м (1.7.91).

Вопрос. Какие дополнительные требования следует соблюдать при выполнении заземляющего устройства?

Ответ. Необходимо соблюдать следующие дополнительные требования:

прокладывать заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле на глубине не менее 0,3 м;

прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители (в четырех направлениях) вблизи мест расположения заземляемых нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей (1.7.92).

Вопрос. Какие требования предъявляют Правила к заземлению внешней ограды электроустановок?

Ответ. Внешнюю ограду электроустановок не рекомендуется присоединять к заземляющему устройству.

Если от электроустановки отходят ВЛ напряжением 110 кВ и выше, то ограду следует заземлить с помощью вертикальных заземлителей длиной 2–3 м, установленных у стоек ограды по всему ее периметру через 20–50 м. Установка таких заземлителей не требуется для ограды с металлическими стойками и с теми стойками из железобетона, арматура которых электрически соединена с металлическими звеньями ограды (1.7.93).

Вопрос. Как следует осуществлять питание электроприемников, установленных на внешней ограде?

Ответ. 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 (1.7.93).

Вопрос. Какие меры должны быть приняты при выполнении заземляющего устройства ограды по допустимому сопротивлению?

Ответ. Должен быть проложен горизонтальный заземлитель с внешней стороны ограды на расстоянии 1 м от нее на глубине 1 м. Этот заземлитель следует присоединять к заземляющему устройству не менее чем в четырех точках (1.7.93).

Вопрос. Какие условия необходимо соблюдать, если заземляющее устройство электроустановки напряжением выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью соединено с заземляющим устройством другой электроустановки при помощи кабеля с металлической оболочкой или броней или других металлических связей?

Ответ. 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 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания или 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 и 2 м от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;

использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей, если при этом обеспечивается допустимый уровень выравнивания потенциалов.

Если вокруг здания имеются асфальтовые отмостки, в том числе у входов и у въездов, выполнение указанных условий не требуется (1.7.94).

Вопрос. Какие меры предписывают Правила во избежание выноса потенциала?

Ответ. Не допускается питание электроприемников, находящихся за пределами заземляющих устройств электроустановки напряжением выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью, от обмоток до 1 кВ с заземленной нейтралью трансформаторов, находящихся в пределах контура заземляющего устройства электроустановки напряжением выше 1 кВ.

При необходимости питание таких электроустановок может осуществляться от трансформатора с изолированной нейтралью на стороне напряжением до 1 кВ по КЛ, выполненной кабелем без металлической оболочки и без брони, или по ВЛ.

При этом напряжение на заземляющем устройстве не должно превышать напряжения срабатывания пробивного предохранителя, установленного на стороне низшего напряжения трансформатора с изолированной нейтралью.

Питание таких электроприемников может также осуществляться от разделительного трансформатора (1.7.95).

Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью

Вопрос. Каким должно быть сопротивление заземляющего устройства в электроустановках напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью при прохождении расчетного тока замыкания на землю?

Ответ. Должно быть в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей

$$R \le 250 / I, \text{ но не более } 10 \text{ Ом},$$

где I – расчетный ток замыкания на землю, А (1.7.96).

Вопрос. Какой ток принимается в качестве расчетного тока?

Ответ. В качестве расчетного тока принимается:

в сетях без компенсации емкостных токов – ток замыкания на землю;

в сетях с компенсацией емкостных токов:

для заземляющих устройств, к которым присоединены компенсирующие аппараты, – ток, равный 125 % номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов;

для заземляющих устройств, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, – ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов (1.7.96).

Вопрос. Какое заземляющее устройство должно быть выполнено для подстанций напряжением 6–10/0,4 кВ?

Ответ. Должно быть выполнено одно общее заземляющее устройство, к которому должны быть присоединены:

нейтраль трансформатора на стороне напряжением до 1 кВ;

корпус трансформатора;

металлические оболочки и броня кабелей напряжением до 1 кВ и выше;

ОПЧ электроустановок напряжением до 1 кВ и выше;

сторонние проводящие части.

Вокруг площади, занимаемой подстанцией, на глубине не менее 0,5 м и на расстоянии не более 1 м от края фундамента здания подстанции или от края фундаментов открыто установленного оборудования должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), присоединенный к заземляющему устройству (1.7.98).

Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью

Вопрос. В чем заключаются общие требования Правил к заземляющим устройствам напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью?

Ответ. Нейтраль генератора или трансформатора трехфазного переменного тока, средняя точка источника постоянного тока должны быть присоединены к заземлителю при помощи заземляющего проводника.

Искусственный заземлитель, предназначенный для заземления нейтрали, как правило, должен быть расположен вблизи генератора или трансформатора. Для внутрицеховых подстанций допускается располагать заземлитель около стены здания (1.7.100).

Вопрос. Куда должен быть присоединен заземляющий проводник, если в *PEN*-проводнике, соединяющем нейтраль трансформатора или генератора с шиной *PEN* РУ напряжением до 1 кВ, установлен ТТ?

Ответ. Заземляющий проводник должен быть присоединен не к нейтрали трансформатора или генератора непосредственно, а к *PEN*-проводнику, по возможности сразу за ТТ. В таком случае разделение *PEN*-проводника на *PE*- и *N*-проводники в системе *TN-S* должно быть выполнено также за ТТ. ТТ следует размещать как можно ближе к выводу нейтрали генератора или трансформатора (1.7.100).

Вопрос. Каким должно быть сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генератора или трансформатора или выводы источника однофазного тока?

Ответ. Должно быть в любое время года не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений *PEN*- и *PE*-проводника ВЛ напряжением до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух. Сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

При удельном сопротивлении земли $\rho > 100$ Ом·м допускается увеличивать указанные нормы в $0{,}01\rho$ раз, но не более десятикратного (1.7.101).

Вопрос. В каких точках сети должны быть выполнены повторные заземления *PEN*-проводника?

Ответ. Должны быть выполнены на концах ВЛ или ответвлений от них длиной более 200 м, а также на вводах ВЛ к электроустановкам, в которых в качестве защитной меры при косвенном прикосновении применено автоматическое отключение питания.

Указанные повторные заземления выполняются, если более частые заземления по условиям защиты от грозовых перенапряжений не требуются.

Повторные заземления *PEN*-проводника в сетях постоянного тока должны быть выполнены при помощи отдельных искусственных заземлителей, которые не должны иметь металлических соединений с подземными трубопроводами (1.7.102).

Вопрос. Каким должно быть общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных) всех повторных заземлений *PEN*-проводника каждой ВЛ в любое время года?

Ответ. Должно быть не более 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. При этом сопротивление растеканию заземлителя каждого из повторных заземлений должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях.

При удельном сопротивлении земли $\rho > 100$ Ом·м допускается увеличивать указанные нормы в $0{,}01\rho$ раз, но не более десятикратного (1.7.103).

Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью

Вопрос. Какому условию должно соответствовать сопротивление заземляющего устройства, используемого для защитного заземления открытых проводящих частей, в системе *IT*?

Ответ. Должно соответствовать условию:

$$R \le U_{пр} / I,$$

где R – сопротивление заземляющего устройства, Ом;

$U_{пр}$ – напряжение прикосновения, значение которого принимается равным 50 В;

I – полный ток замыкания на землю, А.

Как правило, не требуется принимать значение сопротивления заземляющего устройства менее 4 Ом. Допускается сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом, если соблюдено приведенное выше условие, а мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100 кВ·А, в том числе суммарная мощность генераторов или трансформаторов, работающих параллельно (1.7.104).

Заземляющие устройства электроустановок в районах с большим удельным сопротивлением земли

Вопрос. Какие мероприятия рекомендуются при сооружении искусственных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением земли?

Ответ. Рекомендуются следующие мероприятия:

устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление земли снижается, а естественные углубленные заземлители (например, скважины с металлическими обсадными трубами) отсутствуют;

устройство выносных заземлителей, если вблизи (до 2 км) от электроустановки есть места с меньшим удельным сопротивлением земли;

укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных структурах 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 (1.7.106).

Вопрос. Какие дополнительные меры следует предпринимать в районах вечной мерзлоты?

Ответ. Следует:

помещать заземлители в непромерзающие водоемы и талые зоны;

использовать обсадные трубы скважин;

в дополнение к углубленным заземлителям применять протяжные заземлители на глубине около 0,5 м, предназначенные для работы в летнее время при оттаивании поверхностного слоя земли;

создавать искусственные талые зоны (1.7.107).

Вопрос. До каких значений допускается повысить сопротивления заземляющих устройств в электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом·м, если предусмотренные мероприятия не позволяют получить приемлемые по экономическим соображениям заземлители?

Ответ. Допускается повысить требуемые значения сопротивлений заземляющих устройств в 0,002ρ раз, где ρ – эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м. При этом увеличение требуемых сопротивлений заземляющих устройств должно быть не более десятикратного (1.7.108).

Заземлители

Вопрос. Какие заземлители могут быть использованы в качестве естественных?

Ответ. Могут быть использованы:

металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты зданий и сооружений, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;

металлические трубы водопровода, проложенные в земле;

обсадные трубы буровых скважин;

металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов и т. п.;

рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами;

другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения;

металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле.

Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при количестве кабелей не менее двух. Алюминиевые оболочки кабелей использовать в качестве заземлителей не допускается (1.7.109).

Вопрос. Какие элементы и устройства не допускается использовать в качестве заземлителей?

Ответ. Не допускается использовать трубопроводы горячих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей, а также трубопроводы канализации и центрального отопления. Указанные ограничения не исключают

необходимости присоединения таких трубопроводов к заземляющему устройству с целью уравнивания потенциалов.

Не следует использовать в качестве заземлителей железобетонные конструкции зданий и сооружений с предварительно напряженной арматурой, однако это ограничение не распространяется на опоры ВЛ и опорные конструкции ОРУ (1.7.110).

Вопрос. Какие основные требования предъявляются к искусственным заземлителям?

Ответ. Могут быть из черной или оцинкованной стали или медными. Не должны иметь окраски (1.7.111).

Вопрос. По какому условию следует выбирать сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Следует выбирать по условию термической стойкости при допустимой температуре нагрева 400 °С (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия защиты и отключения выключателя) (1.7.112).

Вопрос. Какие мероприятия должны быть выполнены в случае опасности коррозии заземляющих устройств?

Ответ. Следует выполнять одно из следующих мероприятий:

увеличение сечения заземлителей и заземляющих проводников с учетом расчетного срока их службы;

применение заземлителей и заземляющих проводников с гальваническим покрытием или медных.

При этом следует учитывать возможное увеличение сопротивления заземляющих устройств, обусловленное коррозией (1.7.112).

Заземляющие проводники

Вопрос. Какими должны быть сечения заземляющих проводников в электроустановках напряжением выше 1 кВ?

Ответ. 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) (1.7.114).

Вопрос. Чему должна быть равна проводимость заземляющих проводников сечением до 25 мм² по меди или равноценного ему из других материалов в электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью?

Ответ. Должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников. Как правило, не требуется применение медных проводников сечением более 25 мм², алюминиевых – 35 мм², стальных – 120 мм² (1.7.115).

Вопрос. Какое сечение должен иметь заземляющий проводник, присоединяющий заземлитель рабочего (функционального) заземления к главной заземляющей шине в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Должен иметь сечение не менее: медный – 10 мм², алюминиевый – 16 мм², стальной – 75 мм² (1.7.117).

Главная заземляющая шина

Вопрос. Где может быть выполнена главная заземляющая шина?

Ответ. Может быть выполнена внутри вводного устройства электроустановки напряжением до 1 кВ или отдельно от него. Внутри вводного устройства в качестве главной заземляющей шины следует использовать шину *PE*. При отдельной установке главная заземляющая шина должна быть расположена в доступном, удобном для обслуживания месте вблизи вводного устройства (1.7.119).

Вопрос. Каким должно быть сечение отдельно установленной главной заземляющей шины?

Ответ. Должно быть не менее сечения *PE*- (*PEN*)-проводника питающей линии (1.7.119).

Вопрос. Из какого материала должна быть выполнена главная заземляющая шина?

Ответ. Должна быть, как правило, медной. Допускается применение главной заземляющей шины из стали. Применение алюминиевых шин не допускается (1.7.119).

Вопрос. Как следует устанавливать главную заземляющую шину в местах, доступных только квалифицированному персоналу (например, щитовых помещениях жилых домов) и в местах, доступных посторонним лицам?

Ответ. Следует устанавливать открыто. В местах, доступных посторонним лицам (например, подъезды или подвалы домов), она должна иметь защитную оболочку – шкаф или ящик с запирающейся на ключ дверцей. На дверце или на стене над шиной должен быть нанесен специальный знак (1.7.119).

Вопрос. Как должна быть выполнена главная заземляющая шина, если здание имеет несколько обособленных вводов?

Ответ. Должна быть выполнена для каждого вводного устройства. При наличии встроенных трансформаторных подстанций главная заземляющая шина должна устанавливаться возле каждой из них. Эти шины должны соединяться проводником уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения *PE*- (*PEN*)-проводника той линии среди отходящих от щитов низкого напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение. Для соединения нескольких главных заземляющих шин могут использоваться сторонние проводящие части, если они соответствуют требованиям Правил к непрерывности и проводимости электрической цепи (1.7.120).

Защитные проводники (*PE*-проводники)

Вопрос. Какие проводники могут использоваться в качестве защитных *PE*-проводников в электроустановках напряжением до 1 кВ?

Ответ. Могут использоваться:

специально предусмотренные проводники:

- жилы многожильных кабелей;
- изолированные или неизолированные провода в общей оболочке с фазными проводами;

- стационарно проложенные изолированные или неизолированные проводники;

ОПЧ электроустановок:

- алюминиевые оболочки кабелей;
- стальные трубы электропроводок;
- металлические оболочки и опорные конструкции шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления. Металлические короба и лотки электропроводок можно использовать в качестве защитных проводников при условии, что конструкцией коробов и лотков предусмотрено такое использование, о чем имеется указание в документации изготовителя, а их расположение исключает возможность механического повреждения;

некоторые сторонние проводящие части:

- металлические строительные конструкции зданий и сооружений (фермы, колонны и т.п.);
- арматура железобетонных строительных конструкций зданий при условии выполнения требований, изложенных в п. 1.7.122 Правил;
- металлические конструкции производственного назначения (подкрановые рельсы, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамления каналов и т. п.) (1.7.121).

Вопрос. В каких случаях допускается использование открытых и сторонних проводящих частей в качестве *PE*-проводников?

Ответ. Допускается, если они отвечают требованиям настоящей главы к проводимости и непрерывности электрической цепи.

Сторонние проводящие части могут быть использованы в качестве *PE*-проводников, если они, кроме того, одновременно отвечают следующим требованиям:

непрерывность электрической цепи обеспечивается либо их конструкцией, либо соответствующими соединениями, защищенными от механических, химических и других повреждений;

их демонтаж невозможен, если не предусмотрены меры по сохранению непрерывности цепи и ее проводимости (1.7.122).

Вопрос. Какие проводники не допускается использовать в качестве *PE*-проводников?

Ответ. Не допускается использовать:

металлические оболочки изоляционных трубок и трубчатых проводов, несущие тросы при тросовой электропроводке, металлорукава, а также свинцовые оболочки проводов и кабелей;

трубопроводы газоснабжения и другие трубопроводы горючих и взрывоопасных веществ и смесей, трубы канализации и центрального отопления;

водопроводные трубы при наличии в них изолирующих вставок (1.7.123).

Вопрос. Допускается ли использовать нулевые защитные проводники цепей в качестве нулевых защитных проводников электрооборудования, питающегося по другим цепям, а также ОПЧ электрооборудования в качестве нулевых защитных проводников для другого электрооборудования?

Ответ. Не допускается, за исключением оболочек и опорных конструкций шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления,

обеспечивающих возможность подключения к ним защитных проводников в нужном месте (1.7.124).

Вопрос. Каковы должны быть наименьшие сечения защитных проводников?

Ответ. Должны соответствовать данным табл. 1.7.5.

Таблица 1.7.5

Наименьшие сечения защитных проводников

Сечения фазных проводников, мм²	Наименьшее сечение защитных проводников, мм²
$S \le 16$	S
$16 < S \le 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Допускается (при необходимости) принимать сечение защитного проводника менее требуемых, если оно рассчитано по приведенной в Правилах специальной формуле (1.7.126).

Вопрос. Каким должно быть сечение медных защитных проводников, не входящих в состав кабеля или проложенных не в общей оболочке (трубе, коробе, на одном лотке) с фазными проводниками, а также отдельно проложенных алюминиевых проводников?

Ответ. Во всех случаях должно быть не менее:

медных проводников: 2,5 мм² – при наличии металлической защиты;
4 мм² – при отсутствии металлической защиты.

Сечение отдельно проложенных защитных алюминиевых проводников должно быть не менее 16 мм² (1.7.127).

Вопрос. Как рекомендуется прокладывать нулевые защитные проводники в системе *TN*?

Ответ. Рекомендуется прокладывать совместно или в непосредственной близости с фазными проводниками (1.7.128).

Вопрос. Какую изоляцию должны иметь нулевые защитные проводники в местах, где возможно повреждение изоляции фазных проводников в результате искрения между неизолированным нулевым защитным проводником и металлической оболочкой или конструкцией (например, при прокладке проводов в трубах, коробах, лотках)?

Ответ. Должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников (1.7.129).

Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники (*PEN*-проводники)

Вопрос. В каких цепях могут быть совмещены функции нулевого защитного (*PE*) и нулевого рабочего (*N*) проводников?

Ответ. Могут быть совмещены в одном проводнике (*PEN*-проводник) в многофазных цепях в системе *TN* для стационарно проложенных кабелей,

жилы которых имеют площадь поперечного сечения не менее 10 мм² по меди или 16 мм² по алюминию (1.7.131).

Вопрос. В каких цепях не допускается совмещение функций нулевого защитного и нулевого рабочего проводников?

Ответ. Не допускается совмещение в цепях однофазного тока. В качестве нулевого защитного проводника в таких цепях должен быть предусмотрен отдельный третий проводник. Это требование не распространяется на ответвления от ВЛ напряжением до 1 кВ к однофазным потребителям электроэнергии (1.7.132).

Вопрос. Допускается ли использование сторонних проводящих частей в качестве единственного *PEN*-проводника?

Ответ. Не допускается. Это требование не исключает использование открытых и сторонних проводящих частей в качестве дополнительного *PEN*-проводника при присоединении их к системе уравнивания потенциалов (1.7.133).

Вопрос. Какой должна быть изоляция *PEN*-проводников?

Ответ. Должна быть равноценна изоляции фазных проводников. Не требуется изолировать шину *PEN* сборных шин низковольтных комплектных устройств (1.7.134).

Вопрос. Допустимо ли объединять нулевой рабочий и нулевой защитный проводники?

Ответ. Если эти проводники разделены начиная с какой-либо точки электроустановки, их объединение за точкой разделения по ходу распределения электроэнергии не допускается.

Вопрос. К какому зажиму или шине должен быть подключен *PEN*-проводник питающей линии?

Ответ. Должен быть подключен к зажиму или шине нулевого защитного (*PE*) проводника (1.7.135).

Проводники системы уравнивания потенциалов

Вопрос. Какие проводники могут быть использованы в качестве проводников системы уравнивания потенциалов?

Ответ. Могут быть использованы открытые и сторонние проводящие части, или специально проложенные проводники, или их сочетание (1.7.36).

Вопрос. Каким должно быть сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов?

Ответ. Должно быть не менее половины наибольшего сечения защитного проводника электроустановки, если сечение проводника уравнивания потенциалов при этом не превышает 25 мм² по меди или равноценного ему из других материалов. Применение проводников большего сечения, как правило, не требуется. Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов в любом случае должно быть не менее: медных – 6 мм², алюминиевых – 16 мм², стальных – 50 мм² (1.7.137).

Вопрос. Каким должно быть сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов?

Ответ. Должно быть не менее:

при соединении двух ОПЧ – сечения меньшего из защитных проводников, подключенных к этим частям;

при соединении ОПЧ и сторонней проводящей части – половины сечения защитного проводника, подключенного к ОПЧ (1.7.138).

Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов

Вопрос. Какие требования предъявляются к исполнению соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания потенциалов?

Ответ. Должны быть надежными и обеспечивающими непрерывность электрической цепи, защищенными от коррозии и механических повреждений (1.7.139).

Должны быть доступны для осмотра и выполнения испытаний, за исключением соединений, заполненных компаундом или герметизированных, а также сварных, паяных и опрессованных присоединений к нагревательным элементам в системах обогрева и их соединений, находящихся в полах, стенах, перекрытиях и в земле (1.7.140).

Вопрос. Как должны быть выполнены присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников и проводников системы уравнивания потенциалов к ОПЧ?

Ответ. Должны быть выполнены при помощи болтовых соединений или сварки.

Присоединения оборудования, подвергающегося частому демонтажу или установленного на движущихся частях или частях, подверженных сотрясениям и вибрации, должны выполняться при помощи гибких проводников (1.7.142).

Вопрос. Как должно быть выполнено присоединение каждой ОПЧ к нулевому защитному или защитному заземляющему проводнику, а также к основной и дополнительной системах уравнивания потенциалов?

Ответ. Присоединение к защитным проводникам должно быть выполнено при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение ОПЧ в защитный проводник не допускается. Присоединение к основной системе уравнивания потенциалов также должно быть выполнено при помощи отдельных ответвлений. Присоединение к дополнительной системе уравнивания потенциалов может быть выполнено при помощи как отдельных ответвлений, так и присоединения к одному общему неразъемному проводнику (1.7.144).

Вопрос. Можно ли включать коммутационные аппараты в цепи *PE* и *PEN*-проводников?

Ответ. Нельзя, за исключением случаев питания электроприемников при помощи штепсельных соединений (1.7.145).

Вопрос. Какие требования предъявляются к розеткам и вилкам, если защитные проводники и/или проводники уравнивания потенциалов могут

быть разъединены при помощи того же штепсельного соединителя, что и соответствующие фазные проводники?

Ответ. В этом случае розетка и вилка штепсельного соединения должны иметь специальные защитные контакты для присоединения к ним защитных проводников или проводников уравнивания потенциалов. Если корпус штепсельной розетки выполнен из металла, он должен быть присоединен к защитному контакту этой розетки (1.7.146).

Переносные электроприемники

Вопрос. Какие электроприемники отнесены Правилами к переносным?

Ответ. Отнесены электроприемники, которые могут находиться в руках человека в процессе их эксплуатации (ручной электроинструмент, переносные бытовые электроприборы, переносная радиоэлектронная аппаратура и т. п.) (1.7.147).

Вопрос. От сети какого напряжения следует выполнять питание переносных электроприемников?

Ответ. Следует выполнять питание от сети напряжением не выше 380/220 В (1.7.148).

Вопрос. Какие защитные меры могут быть применены для защиты при косвенном прикосновении в цепях, питающих переносные электроприемники?

Ответ. В зависимости от категории помещения по уровню опасности поражения людей электрическим током могут быть применены автоматическое отключение питания, защитное электрическое разделение цепей, СНН, двойная изоляция (1.7.148).

Вопрос. Какие требования в части заземления предъявляются при применении автоматического отключения металлических корпусов переносных электроприемников (за исключением электроприемников с двойной изоляцией)?

Ответ. Они должны быть присоединены к нулевому защитному проводнику в системе *TN* или заземлены в системе *IT*, для чего должен быть предусмотрен специальный защитный (*PE*) проводник, расположенный в одной оболочке с фазными проводниками (третья жила кабеля или провода – для электроприемников однофазного и постоянного тока, четвертая или пятая жила – для электроприемников трехфазного тока), присоединяемый к корпусу электроприемника и к защитному контакту вилки штепсельного соединителя. *PE*-проводник должен быть медным, гибким, его сечение должно быть равно сечению фазных проводников. Использование для этой цели нулевого рабочего (*N*) проводника, в том числе расположенного в общей оболочке с фазными проводниками, не допускается (1.7.149).

Вопрос. Что применяется для дополнительной защиты от прямого прикосновения и при косвенном прикосновении?

Ответ. Штепсельные розетки с номинальным током не более 20 А наружной установки, а также внутренней установки, но к которым могут быть подключены переносные электроприемники, используемые вне зданий либо в помещениях с повышенной опасностью, должны быть защище-

ны УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. Допускается применение ручного электроинструмента, оборудованного УЗО-вилками.

При применении защитного электрического разделения цепей в стесненных помещениях с проводящими полом, стенами и потолком, в других помещениях с особой опасностью каждая розетка должна питаться от индивидуального разделительного трансформатора или от его отдельной обмотки.

При применении СНН питание переносных электроприемников напряжением до 50 В должно осуществляться от безопасного разделительного трансформатора (1.7.151).

Вопрос. Как должен быть присоединен проводник в штепсельных соединителях переносных электроприемников, удлинительных проводов и кабелей?

Ответ. Со стороны источника питания должен быть присоединен к розетке, а со стороны электроприемника – к вилке (1.7.152).

Вопрос. Как должны быть обозначены защитные проводники переносных проводов и кабелей?

Ответ. Должны быть обозначены желто-зелеными полосами (1.7.154).

Передвижные электроустановки

Вопрос. На какие передвижные электроустановки не распространяются требования настоящих Правил?

Ответ. Не распространяются:

на судовые электроустановки;

электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов;

электрифицированный транспорт;

жилые автофургоны (1.7.155).

Вопрос. Что представляет собой автономный передвижной источник питания электроэнергией?

Ответ. Это источник, который позволяет осуществлять питание потребителей независимо от стационарных источников электроэнергии (энергосистемы) (1.7.156).

Вопрос. От каких источников электроэнергии могут получать питание передвижные электроустановки?

Ответ. Могут получать питание от стационарных или автономных передвижных источников питания.

Питание от стационарной электрической сети должно, как правило, выполняться от источника с глухозаземленной нейтралью с применением систем *TN-S* или *TN-C-S*. Объединение функций нулевого защитного проводника *PE* и нулевого рабочего проводника *N* в одном общем проводнике *PEN* внутри передвижной электроустановки не допускается. Разделение *PEN*-проводника питающей линии на *PE* и *N*-проводники должно быть выполнено в точке подключения установки к источнику питания.

При питании от автономного передвижного источника его нейтраль, как правило, должна быть изолирована (1.7.158).

Вопрос. Какая защита при косвенном прикосновении должна быть выполнена в случае питания передвижной электроустановки от стационарного источника питания?

Ответ. Должно быть выполнено автоматическое отключение питания с применением устройства защиты от сверхтоков. При этом время отключения, приведенное в табл. 1.7.2, должно быть уменьшено вдвое либо дополнительно к устройству защиты от сверхтоков должно быть применено УЗО, реагирующее на дифференциальный ток.

При применении УЗО, реагирующего на потенциал корпуса относительно земли, уставка по значению отключающего напряжения должна быть равной 25 В при времени отключения не более 5 с (1.7.159).

Вопрос. Какая защита должна быть установлена в точке подключения передвижной электроустановки к источнику питания?

Ответ. Должно быть установлено устройство защиты от сверхтоков и УЗО, реагирующее на дифференциальный ток, номинальный отключающий дифференциальный ток которого должен быть на 1-2 ступени больше соответствующего тока УЗО, установленного на вводе в передвижную электроустановку.

Устройство присоединения ввода питания в передвижную электроустановку должно иметь двойную изоляцию (1.7.160).

Вопрос. Какие защитные мероприятия должны быть выполнены при применении автоматического отключения питания в системе *IT* для защиты при косвенном прикосновении?

Ответ. Должны быть выполнены:

защитное заземление в сочетании с непрерывным контролем изоляции, действующей на сигнал;

автоматическое отключение питания, обеспечивающее время отключения при двухфазном замыкании на ОПЧ в соответствии с табл. 1.7.10.

Таблица 1.7.10

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *IT* в передвижных электроустановках, питающихся от автономного передвижного источника

Номинальное линейное напряжение U, кВ	Время отключения, с
220	0,4
380	0,2
660	0,06
Более 660	0,02

Для обеспечения автоматического отключения питания должно быть применено: устройство защиты от сверхтоков в сочетании с УЗО, реагирующим на дифференциальный ток, или устройством непрерывного контроля изоляции, действующим на отключение, или УЗО, реагирующим на потенциал корпуса относительно земли (1.7.161).

Вопрос. Что должно быть предусмотрено на вводе в передвижную электроустановку?

Ответ. Должна быть предусмотрена главная шина уравнивания потенциалов, к которой должны быть присоединены:

нулевой защитный проводник *PE* или защитный проводник *PE* питающей линии;

защитный проводник передвижной электроустановки с присоединенными к нему защитными проводниками ОПЧ;

проводник уравнивания потенциалов корпуса и других сторонних проводящих частей передвижной электроустановки;

заземляющий проводник, присоединенный к местному заземлителю передвижной электроустановки (при его наличии).

При необходимости открытые и сторонние проводящие части должны быть соединены между собой посредством проводников дополнительного уравнивания потенциалов (1.7.162).

Вопрос. С соблюдением каких требований должно быть выполнено защитное заземление передвижной электроустановки в системе *IT*?

Ответ. Должно быть выполнено с соблюдением требований либо к его сопротивлению, либо к напряжению прикосновения при однофазном замыкании на ОПЧ.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к его сопротивлению значение его сопротивления не должно превышать 25 Ом.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к напряжению прикосновения сопротивление заземляющего устройства не нормируется. В этом случае должно быть выполнено условие:

$$R_з \le 25 / I_з,$$

где $R_з$ – сопротивление заземляющего устройства передвижной электроустановки, Ом;

$I_з$ – полный ток однофазного замыкания на ОПЧ передвижной электроустановки, А (1.7.163).

Вопрос. В каких случаях допускается не выполнять местный заземлитель для защитного заземления передвижной электроустановки, питающейся от автономного передвижного источника питания с изолированной нейтралью?

Ответ. Допускается не выполнять в следующих случаях:

автономный источник питания и электроприемники расположены непосредственно на передвижной электроустановке, их корпуса соединены между собой при помощи защитного проводника, а от источника не питаются другие электроустановки;

автономный передвижной источник питания имеет свое заземляющее устройство для защитного заземления, все ОПЧ передвижной электроустановки, ее корпус и другие сторонние проводящие части надежно соединены с корпусом автономного передвижного источника при помощи защитного проводника, а при двухфазном замыкании на разные корпуса электрооборудования в передвижной электроустановке обеспечивается время автоматического отключения питания в соответствии с табл. 1.7.10 (1.7.164).

Вопрос. Какие требования предъявляют Правила к автономным передвижным источникам питания с изолированной нейтралью?

Ответ. Они должны иметь устройство непрерывного контроля сопротивления изоляции относительно корпуса (земли) со световым и звуковым сигналами. Должна быть обеспечена возможность проверки исправности устройства контроля изоляции и его отключения (1.7.165).

Вопрос. Применением каких защитных мер должна быть обеспечена защита от прямого прикосновения в передвижных электроустановках?

Ответ. Должна быть обеспечена применением изоляции токоведущих частей, ограждений и оболочек со степенью защиты не менее IP2X. Применение барьеров и размещение вне пределов досягаемости не допускается (1.7.166).

Вопрос. С какой стороны должна быть подключена вилка штепсельного соединителя, если передвижная электроустановка питается с использованием штепсельных соединителей?

Ответ. Должна быть подключена со стороны передвижной электроустановки и иметь оболочку из изолирующего материала (1.7.169).

Электроустановки помещений для содержания животных

Вопрос. От какой сети следует выполнять питание электроустановок животноводческих помещений?

Ответ. Следует, как правило, выполнять от сети напряжением 380/220В переменного тока (1.7.170).

Вопрос. Какая защитная мера должна быть выполнена для защиты людей и животных при косвенном прикосновении?

Ответ. Должно быть выполнено автоматическое отключение питания с применением системы *TN–C–S*. Разделение *PEN*-проводника на нулевой защитный (*PE*) и нулевой рабочий (*N*) проводники следует выполнять на вводном щитке.

При питании таких электроустановок от встроенных и пристроенных подстанций должна быть применена система *TN–S*, при этом нулевой рабочий проводник должен иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников на всем его протяжении.

Время защитного автоматического отключения питания в помещениях для содержания животных, а также в помещениях, связанных с ними при помощи сторонних проводящих частей, должно соответствовать табл. 1.7.11.

Таблица 1.7.11

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *TN* в помещениях для содержания животных

Номинальное фазное напряжение U_0, кВ	Время отключения, с
127	0,35
220	0,2
380	0,05

Если указанное время отключения не может быть гарантировано, необходимы дополнительные защитные меры, например, дополнительное уравнивание потенциалов (1.7.171).

Вопрос. Какое требование предъявляется к *PEN*-проводнику на вводе в помещение?

Ответ. Он должен быть повторно заземлен (1.7.172).

Вопрос. Какую защиту в помещениях для содержания животных необходимо предусматривать не только для людей, но и для животных?

Ответ. Должна быть выполнена дополнительная система уравнивания потенциалов, соединяющая все открытые и сторонние проводящие части, доступные одновременному прикосновению (трубы водопровода, вакуумпровода, металлические ограждения стойл, металлические привязи и др.) (1.7.173).

Вопрос. Как должно быть выполнено выравнивание потенциалов в зоне размещения животных?

Ответ. Должно быть выполнено в полу при помощи металлической сетки или другого устройства, которое должно быть соединено с системой уравнивания потенциалов (1.7.174).

Вопрос. Какое напряжение прикосновения должно обеспечивать устройство выравнивания и уравнивания электрических потенциалов?

Ответ. Должно обеспечивать в нормальном режиме работы электрооборудования напряжение прикосновения не более 0,2 В, а в аварийном режиме при времени отключения более указанного в табл. 1.7.11 для электроустановок в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках – не более 12 В (1.7.175).

Вопрос. Какая дополнительная защита должна быть предусмотрена для всех групповых цепей, питающих штепсельные розетки?

Ответ. Должна быть обеспечена дополнительная защита от прямого прикосновения при помощи УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА (1.7.176).

Вопрос. Какая защита должна быть выполнена в животноводческих помещениях, в которых отсутствуют условия, требующие выполнения выравнивания потенциалов?

Ответ. Должна быть выполнена защита при помощи УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не менее 100 мА, устанавливаемых на вводном щитке (1.7.177).

Глава 1.8. НОРМЫ ПРИЕМОСДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Общие положения

Вопрос. Какое электрооборудование должно быть подвергнуто приемосдаточным испытаниям?

Ответ. Должно быть подвергнуто электрооборудование напряжением до 500 кВ, вновь вводимое в эксплуатацию. При проведении приемосдаточных испытаний электрооборудования, не охваченного настоящими нормами, следует руководствоваться инструкциями заводов-изготовителей (1.8.1).

Вопрос. Для какого электрооборудования обязательно испытание повышенным напряжением промышленной частоты?

Ответ. Обязательно для электрооборудования на напряжение до 35 кВ.

При отсутствии необходимой испытательной аппаратуры переменного тока допускается испытывать электрооборудование РУ напряжением до 20 кВ повышенным выпрямленным напряжением, которое должно быть равным полуторакратному значению испытательного напряжения промышленной частоты (1.8.6).

Вопрос. У каких аппаратов и цепей производится измерение сопротивления изоляции?

Ответ. Производится (если отсутствуют дополнительные указания):

у аппаратов и цепей напряжением до 500 В – мегаомметром на напряжение 500 В;

аппаратов и цепей напряжением от 500 В до 1000 В – мегаомметром на напряжение 1000 В;

аппаратов напряжением выше 1000 В – мегаомметром на напряжение 2500 В (1.8.7).

Синхронные генераторы и компенсаторы

Вопрос. Как следует производить определение возможности включения без сушки генераторов напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Следует производить в соответствии с указанием завода-изготовителя (1.8.13, п. 1).

Вопрос. Каким должно быть сопротивление изоляции?

Ответ. Должно быть не менее значений, указанных в табл. 1.8.1 Правил (1.8.13, п. 2).

Вопрос. Какие элементы подвергаются испытанию изоляции обмотки статора повышенным выпрямленным напряжением с измерением тока утечки по фазам?

Ответ. Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом. У генераторов с водяным охлаждением обмотки статора испытание производится, если возможность этого предусмотрена в конструкции генератора. Значения испытательного напряжения табулированы в Правилах (1.8.13, п. 3).

Вопрос. По каким нормам производится испытание изоляции повышенным напряжением?

Ответ. Нормы испытания табулированы в Правилах в зависимости от величины испытательного напряжения. Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения – 1 мин (1.8.13, п. 4).

Вопрос. Как следует проводить испытания изоляции повышенным напряжением промышленной частоты?

Ответ. Следует руководствоваться следующими рекомендациями:

испытание изоляции обмоток статора генератора рекомендуется производить до ввода ротора в статор;

испытание изоляции обмотки статора для машин с водяным охлаждением следует производить при циркуляции дистиллированной воды в системе охлаждения с удельным сопротивлением не менее 100 кОм/см и номинальном расходе;

после испытания обмотки статора повышенным напряжением в течение 1 мин у генераторов напряжением 10 кВ и выше испытательное напряжение снизить до номинального напряжения генератора и выдержать в течение 5 мин для наблюдения за коронированием лобовых частей обмотки статора. При этом не должно быть сосредоточенного в отдельных точках свечения желтого или красного цвета, появления дыма, тления бандажей и тому подобных явлений. Голубое и белое свечение допускается;

испытание изоляции обмотки ротора турбогенераторов производится при номинальной частоте вращения ротора;

перед включением генератора в работу по окончании монтажа необходимо провести контрольные испытания номинальным напряжением промышленной частоты или выпрямленным напряжением, равным $1{,}5U_{ном}$. Продолжительность испытаний – 1 мин (1.8.13, п. 4).

Вопрос. Каковы нормы допустимых отклонений сопротивления постоянному току?

Ответ. Такие нормы приведены в табл. 1.8.4 Правил. При сравнении значений сопротивлений они должны быть приведены к одинаковой температуре (1.8.13, п. 5).

Вопрос. В каких целях и при каких условиях производится измерение сопротивления обмотки ротора переменному току?

Ответ. Производится в целях выявления витковых замыканий в обмотках ротора, а также состояния демпферной системы ротора. У неявнополюсных роторов измеряется сопротивление всей обмотки, а у явнополюсных – каждого полюса обмотки в отдельности или двух полюсов вместе. Измерение следует производить при подводимом напряжении 3 В на виток, но не более 200 В. Сопротивление обмоток неявнополюсных роторов определяют на трех-четырех ступенях частоты вращения, включая

номинальную, и в неподвижном состоянии, поддерживая приложенное напряжение или ток неизменными. Сопротивление по полюсам или парам полюсов измеряется только при неподвижном роторе. Отклонения полученных результатов от данных завода-изготовителя или от среднего значения измеренных сопротивлений полюсов более чем на 3–5 % свидетельствует о наличии дефектов в обмотке ротора. На возникновение витковых замыканий указывает скачкообразный характер снижения сопротивления с увеличением частоты вращения, а на плохое качество в контактах демпферной системы ротора – плавный характер снижения сопротивления с увеличением частоты вращения (1.8.13, п. 6).

Вопрос. Каковы нормы испытаний силового оборудования систем тиристорного самовозбуждения (СТС), систем независимого тиристорного возбуждения (СТН), систем бесщеточного возбуждения (БСВ), систем полупроводникового высокочастотного возбуждения (ВЧ)?

Ответ. Указанные нормы табулированы в Правилах. Проверка автоматического регулятора возбуждения, устройств защиты, управления, автоматики и др. производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя (1.8.13, п. 7).

Вопрос. Какие испытания необходимо проводить у электрооборудования систем возбуждения?

Ответ. Необходимы следующие испытания:

измерения сопротивления изоляции;

испытания повышенным напряжением промышленной частоты;

измерение сопротивления постоянному току обмоток трансформаторов и электрических машин в системах возбуждения;

проверка трансформаторов (выпрямительных, последовательных, СН, начального возбуждения, измерительных ТТ и ТН);

определение характеристик вспомогательного синхронного генератора промышленной частоты в системах СТН;

определение характеристик индукторного генератора совместно с выпрямительной установкой в системе ВЧ возбуждения;

определение внешней характеристики вращающегося подвозбудителя в системах ВЧ возбуждения;

проверка элементов обращенного синхронного генератора, вращающегося преобразователя в системе БСВ;

определение характеристик обращенного генератора и вращающегося выпрямителя в режимах трехфазного КЗ генератора (блока);

проверка тиристорных преобразователей систем СТС, СТН, БСВ;

проверка выпрямительной диодной установки в системе ВЧ возбуждения;

проверка коммутационной аппаратуры, силовых резисторов, аппаратуры СН систем возбуждения;

измерение температуры силовых резисторов, диодов, предохранителей, шин и других элементов преобразователей и шкафов, в которых они расположены (1.8.13, пп. 7.1–7.13).

Вопрос. Что входит в объем испытаний синхронных генераторов и компенсаторов?

Ответ. При испытаниях производятся:

определение характеристик генератора (характеристики трехфазного КЗ и характеристики холостого хода);

испытание межвитковой изоляции;
измерение вибрации;
проверка и испытание системы охлаждения;
проверка и испытание системы маслоснабжения;
проверка изоляции подшипника при работе генератора (компенсатора);
испытание генератора (компенсатора) под нагрузкой;
определение характеристик коллекторного возбудителя;
испытание концевых выводов обмотки статора турбогенераторов серии ТГВ (измерение тангенса угла диэлектрических потерь и проверка газоплотности);
измерение остаточного напряжения генератора при отключении автомата гашения поля (АГП) в цепи ротора (1.8.13, пп. 8–18).

Машины постоянного тока

Вопрос. Что входит в объем испытаний машин постоянного тока?
Ответ. В объем испытаний входит:
определение возможности включения без сушки;
измерение сопротивления изоляции обмоток и бандажей;
испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты;
измерение сопротивления постоянному току;
снятие характеристики холостого хода и испытание витковой изоляции;
снятие нагрузочной характеристики;
измерение воздушных зазоров между полюсами;
испытание на холостом ходу и под нагрузкой (1.8.14).

Электродвигатели переменного тока

Вопрос. Что входит в объем испытаний электродвигателей переменного тока?
Ответ. В объем испытаний входит:
определение возможности включения без сушки;
измерение сопротивления изоляции;
испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
измерение сопротивления постоянному току обмоток статора и ротора, реостатов и пускорегулирующих резисторов;
проверка работы электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом;
проверка работы под нагрузкой (1.8.15).

Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы и заземляющие дугогасящие реакторы (дугогасящие катушки)

Вопрос. Что входит в объем испытаний силовых трансформаторов, автотрансформаторов, масляных реакторов и заземляющих дугогасящих реакторов (дугогасящих катушек)?

Ответ. В объем испытаний входит:
определение условий включения трансформаторов;
измерение характеристик изоляции;
испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции обмоток вместе с вводами и изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок;
измерение сопротивления обмотки постоянному току;
проверка коэффициента трансформации;
проверка группы соединения трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов;
измерение потерь холостого хода;
измерение сопротивления КЗ трансформатора;
проверка работы переключающего устройства;
испытание бака с радиаторами;
проверка устройств охлаждения;
проверка средств защиты масла;
фазировка трансформатора;
испытание трансформаторного масла;
испытание включением толчком на номинальное напряжение;
испытание вводов;
испытание встроенных ТТ (1.8.16).

Измерительные трансформаторы тока

Вопрос. Что входит в объем испытаний измерительных ТТ?
Ответ. В объем испытаний входит:
измерение сопротивления изоляции;
измерение tgδ изоляции;
испытание повышенным напряжением промышленной частоты 50 Гц основной изоляции и изоляции вторичных обмоток;
снятие характеристик намагничивания;
измерение коэффициента трансформации;
измерение сопротивления вторичных обмоток постоянному току;
испытания трансформаторного масла;
испытание встроенных ТТ (1.8.17).

Измерительные трансформаторы напряжения

Вопрос. Что входит в объем испытаний измерительных ТН?
Ответ. В объем испытаний входит:
для электромагнитных ТН:
измерение сопротивления изоляции обмоток;
испытание повышенным напряжением частоты 50 Гц;
измерение сопротивления обмоток постоянному току;
испытание трансформаторного масла;
для емкостных ТН:
испытание конденсаторов делителей напряжения;
измерение сопротивления изоляции электромагнитного устройства;

испытание электромагнитного устройства повышенным напряжением частоты 50 Гц;
измерение сопротивления обмоток постоянному току;
измерение тока и потерь холостого хода;
испытание трансформаторного масла из электромагнитного устройства;
испытание вентильных разрядников (1.8.18).

Масляные выключатели

Вопрос. Что входит в объем испытаний масляных выключателей?
Ответ. В объем испытаний входит:
измерение сопротивления изоляции: подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов, вторичных цепей, электромагнитов включения и отключения и т. п.;
испытание вводов;
оценка состояния внутрибаковой изоляции и изоляции дугогасительных устройств;
испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты: изоляции выключателей относительно корпуса или опорной изоляции, изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов включения и отключения;
измерение сопротивления постоянному току: контактов масляных выключателей, шунтирующих резисторов дугогасительных устройств, обмоток электромагнитов включения и отключения;
измерение временных характеристик выключателей;
измерение хода подвижных частей (траверс) выключателя, вжима контактов при включении, одновременности замыкания и размыкания контактов;
проверка регулировочных и установочных характеристик механизмов, приводов и выключателей;
проверка действия механизма свободного расцепления;
проверка минимального напряжения (давления) срабатывания выключателей;
испытание выключателей многократными опробованиями;
испытание трансформаторного масла выключателей;
испытание встроенных ТТ (1.8.19).

Воздушные выключатели

Вопрос. Что входит в объем испытаний воздушных выключателей?
Ответ. В объем испытаний входит:
измерение сопротивления изоляции: опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей, изолирующих тяг и воздухопроводов выключателей всех классов напряжений, вторичных цепей, обмоток электромагнитов включения и отключения;
испытание повышенным напряжением промышленной частоты: изоляции выключателей, изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления;

измерение сопротивления постоянному току: контактов воздушных выключателей всех классов напряжения, обмоток электромагнитов включения и отключения выключателей, элементов делителя напряжения и шунтирующих резисторов;
проверка характеристик выключателя;
проверка минимального напряжения срабатывания выключателя;
испытание выключателей многократным включением и отключением;
испытание конденсаторов делителей напряжения воздушных выключателей (1.8.20).

Элегазовые выключатели

Вопрос. Что входит в объем испытаний элегазовых выключателей?
Ответ. В объем испытаний входит:
измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и электромагнитов управления;
испытание изоляции выключателя;
измерение сопротивления постоянному току;
проверка минимального напряжения срабатывания выключателей;
испытание конденсаторов делителей напряжения;
проверка характеристик выключателя;
испытание выключателей многократными опробованиями;
проверка герметичности;
проверка содержания влаги в элегазе;
испытание встроенных ТТ (1.8.21).

Вакуумные выключатели

Вопрос. Что входит в объем испытаний вакуумных выключателей?
Ответ. В объем испытаний входит:
измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления;
испытание изоляции повышенным напряжением частоты 50 Гц;
проверка минимального напряжения срабатывания выключателя;
испытание выключателей многократными опробованиями;
измерение сопротивления постоянному току;
измерение временных характеристик выключателей;
измерение хода подвижных частей и одновременности замыкания контактов (1.8.22).

Выключатели нагрузки

Вопрос. Что входит в объем испытаний выключателей нагрузки?
Ответ. В объем испытаний входит:
измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления;
испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
измерение сопротивления постоянному току;

проверка действия механизма свободного расцепления;
проверка срабатывания привода при пониженном напряжении;
испытание выключателей нагрузки многократными опробованиями (1.8.23).

Разъединители, отделители и короткозамыкатели

Вопрос. Что входит в объем испытаний разъединителей, отделителей и короткозамыкателей?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции: поводков и тяг, выполненных из органического материала, многоэлементных изоляторов, вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления;

испытание повышенным напряжением промышленной частоты: изоляции разъединителей, отделителей и короткозамыкателей, изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления;

измерение сопротивления постоянному току: между точками «контактный вывод – контактный вывод», обмоток электромагнитов управления;

измерение вытягивающих усилий подвижных контактов из неподвижных;

проверка работы разъединителя, отделителя, короткозамыкателя;

определение временны́х характеристик;

проверка работы механической блокировки (1.8.24).

Комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки

Вопрос. Что входит в объем испытаний КРУ и КРУН?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции: первичных цепей, вторичных цепей;

испытание повышенным напряжением промышленной частоты: изоляции первичных цепей ячеек КРУ и КРУН, изоляции вторичных цепей;

измерение сопротивления постоянному току;

механические испытания: вкатывание и выкатывание выдвижных элементов с проверкой взаимного вхождения разъединяющих контактов, а также работы шторок, блокировок, фиксаторов и т. п., проверка работы и состояния контактов заземляющего разъединителя (1.8.25).

Комплектные токопроводы (шинопроводы)

Вопрос. Что входит объем испытаний комплектных токопроводов (шинопроводов)?

Ответ. В объем испытаний входит:

испытание повышенным напряжением промышленной частоты;

проверка качества выполнения болтовых и сварных соединений;

проверка состояния изоляционных прокладок;

осмотр и проверка устройства искусственного охлаждения токопровода (1.8.26).

Сборные и соединительные шины

Вопрос. Что входит в объем испытаний сборных и соединительных шин?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции подвесных и опорных изоляторов;

испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты;

проверка качества выполнения болтовых соединений;

проверка качества выполнения опрессованных контактных соединений;

контроль сварных контактных соединений;

испытание проходных изоляторов (1.8.27).

Сухие токоограничивающие реакторы

Вопрос. Что входит в объем испытаний сухих токоограничивающих реакторов?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции обмоток относительно болтов крепления;

испытание опорной изоляции реакторов повышенным напряжением промышленной частоты (1.8.28).

Электрофильтры

Вопрос. Что входит в объем испытаний электрофильтров?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора агрегата питания;

испытание изоляции цепей 380/220 В агрегата питания;

измерение сопротивления изоляции кабеля высокого напряжения;

испытание изоляции кабеля высокого напряжения;

испытание трансформаторного масла;

проверка исправности заземления элементов оборудования;

проверка сопротивления заземляющих устройств;

снятие вольт-амперных характеристик (1.8.29).

Конденсаторы

Вопрос. Что входит объем испытаний конденсаторов?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции;

измерение емкости;

измерение тангенса угла электрических потерь;

испытание повышенным напряжением;

испытание батареи конденсаторов трехкратным включением (1.8.30).

Вентильные разрядники и ограничители перенапряжений

Вопрос. Что входит в объем испытаний вентильных разрядников и ограничителей перенапряжения?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления разрядников и ограничителей перенапряжения;

измерение тока проводимости вентильных разрядников при выпрямленном напряжении;

измерение тока проводимости ограничителей перенапряжений;

проверка элементов, входящих в комплект приспособления для измерения тока проводимости ограничителя перенапряжения под рабочим напряжением (1.8.31).

Трубчатые разрядники

Вопрос. Что входит в объем испытаний трубчатых разрядников?

Ответ. В объем испытаний входит:

проверка состояния поверхности разрядника;

измерение внешнего искрового промежутка;

проверка расположения зон выхлопа (1.8.32).

Предохранители, предохранители-разъединители напряжением выше 1 кВ

Вопрос. Что входит в объем испытаний предохранителей, предохранителей-разъединителей напряжением выше 1 кВ?

Ответ. В объем испытаний входит:

испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты;

проверка целости плавких вставок и токоограничивающих резисторов;

измерение сопротивления постоянному току токоведущей части патрона предохранителя-разъединителя;

измерение контактного нажатия в разъемных контактах предохранителя-разъединителя;

проверка состояния дугогасительной части патрона предохранителя-разъединителя;

проверка работы предохранителя-разъединителя (1.8.33).

Вводы и проходные изоляторы

Вопрос. Что входит в объем испытаний вводов и проходных изоляторов?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции;

измерение tgδ и емкости изоляции;

испытание повышенным напряжением промышленной частоты;

проверка качества уплотнений вводов;

испытание трансформаторного масла из маслонаполненных вводов (1.8.34).

Подвесные и опорные изоляторы

Вопрос. Что входит в объем испытаний подвесных и опорных изоляторов?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции подвесных и многоэлементных изоляторов;

испытание повышенным напряжением промышленной частоты: опорных одноэлементных изоляторов, опорных многоэлементных и подвесных изоляторов (1.8.35).

Трансформаторное масло

Вопрос. Что входит в объем испытаний трансформаторного масла?

Ответ. В объем испытаний входит:

анализ масла перед заливкой в оборудование;

анализ масла перед включением оборудования (1.8.36).

Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1 кВ

Вопрос. Что входит в объем испытаний электрических аппаратов, вторичных цепей и электропроводок напряжением до 1 кВ?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в табл. 1.8.34 Правил;

испытание повышенным напряжением промышленной частоты;

проверка действия автоматических выключателей: проверка сопротивления изоляции, проверка действия расцепителей;

проверка работы автоматических выключателей и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока;

проверка релейной аппаратуры;

проверка УЗО;

проверка правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока (1.8.37).

Аккумуляторные батареи

Вопрос. Что входит в объем испытаний аккумуляторных батарей?

Ответ. В объем испытаний входит:

измерение сопротивления изоляции;

проверка емкости отформованной аккумуляторной батареи;

проверка электролита;

химический анализ электролита;
измерение напряжения на элементах (1.8.38).

Заземляющие устройства

Вопрос. Что входит в объем испытаний заземляющих устройств?
Ответ. В объем испытаний входит:
проверка элементов заземляющего устройства;
проверка цепи между заземлителями и заземляемыми элементами;
проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках напряжением до 1 кВ;
проверка цепи фаза-нуль в электроустановках напряжением до 1 кВ с системой *TN*;
измерение сопротивления заземляющих устройств;
измерение напряжения прикосновения (в электроустановках, выполненных по нормам на напряжение прикосновения) (1.8.39).

Силовые кабельные линии

Вопрос. Что входит в объем испытаний силовых КЛ?
Ответ. В объем испытаний входит:
проверка целостности и фазировки жил кабеля;
измерение сопротивления изоляции;
испытание повышенным напряжением выпрямленного тока;
испытание напряжением переменного тока частоты 50 Гц;
определение активного сопротивления жил;
определение электрической рабочей емкости жил;
проверка защиты от блуждающих токов;
испытание на наличие нерастворенного воздуха (пропиточное испытание);
испытание подпитывающих агрегатов и автоматического подогрева концевых муфт;
проверка антикоррозийных защит;
определение характеристик масла и изоляционной жидкости;
измерение сопротивления заземления (1.8.40).

Воздушные линии электропередачи

Вопрос. Что входит в объем испытаний ВЛ напряжением выше 1 кВ?
Ответ. В объем испытаний входит:
проверка изоляторов;
проверка соединений проводов;
измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов (1.8.41).

Глава 1.9. ИЗОЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Область применения

Вопрос. Какова область распространения настоящей главы Правил?
Ответ. Распространяется на выбор изоляции электроустановок переменного тока на номинальное напряжение 6–750 кВ (1.9.1).

Общие требования

Вопрос. По какому показателю должен производиться выбор изоляторов или изоляционных конструкций из стекла и фарфора?
Ответ. Должен производиться по удельной эффективной длине пути утечки в зависимости от СЗ в месте расположения электроустановки и ее номинального напряжения. Выбор изоляторов или изоляционных конструкций из стекла и фарфора может производиться также по разрядным характеристикам в загрязненном и увлажненном состоянии (1.9.7).
Вопрос. По какому показателю должен производиться выбор полимерных изоляторов или конструкций?
Ответ. Должен производиться в зависимости от СЗ и номинального напряжения электроустановки по разрядным характеристикам в загрязненном и увлажненном состоянии (1.9.7).
Вопрос. Как должна определяться длина пути утечки L (см) изоляторов и изоляционных конструкций из стекла и фарфора?
Ответ. Должна определяться по формуле

$$L = \lambda_э \cdot U \cdot k_э,$$

где U – наибольшее рабочее междуфазное напряжение, кВ;
$\lambda_э$ – удельная эффективная длина пути утечки, см/кВ;
$k_э$ – коэффициент использования длины пути утечки.
Значения $\lambda_э$ и $k_э$ приведены в таблицах настоящей главы Правил (1.9.9).

Изоляция ВЛ

Вопрос. Какой должна быть удельная эффективная длина пути утечки поддерживающих гирлянд изоляторов и штыревых изоляторов ВЛ на металлических и железобетонных опорах в зависимости от СЗ и номинального напряжения?
Ответ. Должна приниматься по табл. 1.9.1

Таблица 1.9.1

Удельная эффективная длина пути утечки поддерживающих гирлянд изоляторов и штыревых изоляторов ВЛ на металлических и железобетонных опорах, внешней изоляции электрооборудования и изоляторов ОРУ

Степень загрязнения	$\lambda_э$, см/кВ (не менее), при номинальном напряжении, кВ	
	до 35 кВ включительно	110–750
1	1,90	1,60
2	2,35	2,00
3	3,00	2,50
4	3,50	3,10

Удельная эффективная длина пути утечки поддерживающих гирлянд и штыревых изоляторов ВЛ на высоте более 1000 м над уровнем моря должна быть увеличена по сравнению с нормированной в табл. 1.9.1:

от 1000 до 2000 м – на 5 %;

2000 до 3000 м – на 10 %;

3000 до 4000 м – на 15 % (1.9.10).

Вопрос. Как должно определяться количество подвесных тарельчатых изоляторов в поддерживающих гирляндах и в последовательной цепи гирлянд специальной конструкции (V-образных, Λ-образных, Y-образных и др., составленных из изоляторов одного типа) для ВЛ на металлических и железобетонных опорах?

Ответ. Должно определяться по формуле

$$m = L/L_и,$$

где $L_и$ – длина пути утечки одного изолятора по стандарту или техническим условиям на изолятор конкретного типа, см (1.9.12).

Вопрос. Что должно предусматриваться в гирляндах опор больших переходов?

Ответ. Должно предусматриваться по одному дополнительному тарельчатому изолятору из стекла и фарфора на каждые 10 м превышения высоты опоры сверх 50 м по отношению к количеству изоляторов нормального исполнения, определенному для одноцепных гирлянд при $\lambda_э$ = = 1,9 см/кВ для ВЛ напряжением 6–35 кВ и $\lambda_э$ = 1,4 см/кВ для ВЛ напряжением 110–750 кВ (1.9.15).

Внешняя стеклянная и фарфоровая изоляция электрооборудования и ОРУ

Вопрос. Как должны выбираться удельная эффективная длина пути утечки внешней фарфоровой изоляции, а также изоляторы гибких и жестких наружных открытых токопроводов?

Ответ. Должны выбираться по данным таблиц настоящей главы Правил в зависимости от СЗ района и номинального напряжения электросетей (1.9.18–1.9.26).

Выбор изоляторов по разрядным характеристикам

Вопрос. Какие требования предъявляют Правила к гирляндам ВЛ напряжением 6–750 кВ, внешней изоляции электрооборудования и изоляторам ОРУ напряжением 6–750 кВ?

Ответ. Они должны иметь 50 %-ные разрядные напряжения промышленной частоты в загрязненном и увлажненном состоянии не ниже значений, табулированных в настоящей главе Правил.

Удельная поверхностная проводимость слоя загрязнения должна приниматься (не менее):

для 1-й СЗ – 5 мкСм, 2-й СЗ – 10 мкСм, 3-й СЗ – 20 мкСм, 4-й СЗ – 30 мкСм (1.9.27).

Определение степени загрязнения

Вопрос. Какая изоляция может применяться в районах, не попадающих в зону влияния промышленных источников загрязнения (леса, тундра, лесотундра, луга)?

Ответ. Может применяться изоляция с меньшей удельной эффективной длиной пути утечки, чем нормированная в табл. 1.9.1 для 1-й СЗ (1.9.28).

Вопрос. Какие территории относятся к районам с 1-й СЗ?

Ответ. Относятся территории, не попадающие в зону влияния источников промышленных и природных загрязнений (болота, высокогорные районы, районы со слабозасоленными почвами, сельскохозяйственные районы) (1.9.29).

Вопрос. Как должна определяться степень загрязнения вблизи промышленных предприятий?

Ответ. Должна определяться по таблицам настоящей главы Правил в зависимости от вида и расчетного объема выпускаемой продукции и расстояния до источника загрязнений (1.9.31).

Вопрос. Как должен определяться объем выпускаемой продукции при наличии на одном предприятии нескольких источников загрязнений (цехов)?

Ответ. Должен определяться суммированием объемов продукции отдельных цехов. Если источник выброса загрязняющих веществ отдельных производств (цехов) отстоит от других источников выброса предприятия более чем на 1000 м, годовой объем продукции должен определяться для этих производств и остальной части предприятия отдельно (1.9.35).

Вопрос. Как следует корректировать границы зоны с данной СЗ?

Ответ. Следует корректировать с учетом розы ветров по формуле

$$S = S_0 (W / W_0),$$

где S – расстояние от границы источника загрязнения до границы района с данной СЗ, скорректированное с учетом розы ветров, м;

S_0 – нормированное расстояние от границы источника загрязнения до границы района с данной СЗ при круговой розе ветров, м;

W – среднегодовая повторяемость ветров рассматриваемого румба, %

W_0 – повторяемость ветров одного румба при круговой розе ветров, %.

Значения S / S_0 должны ограничиваться пределами $0{,}5 \le S / S_0 \le 2$ (1.9.37).

Вопрос. Как следует определять степень загрязнения в прибрежной зоне морей, соленых озер и водоемов, в районах, подверженных ветрам, а также вблизи градирен или брызгальных бассейнов?

Ответ. Следует определять по таблицам, приведенным в настоящей главе Правил, с учетом розы ветров в зависимости от СЗ при различных источниках питания (1.9.40–1.9.43).

Коэффициент использования основных типов изоляторов и изоляционных конструкций (стеклянных и фарфоровых)

Вопрос. Как следует определять коэффициент использования k изоляционных конструкций, составленных из однотипных изоляторов?

Ответ. Следует определять как

$$k = k_{и} \cdot k_{к},$$

где $k_{и}$ – коэффициент использования изолятора;

$k_{к}$ – коэффициент использования составной конструкции с параллельными или последовательно-параллельными ветвями (1.9.44).

Вопрос. Как следует определять коэффициенты использования подвесных тарельчатых изоляторов, штыревых изоляторов (линейных и опорных), а также внешней изоляции электрооборудования наружной установки?

Ответ. Следует определять по данным таблиц настоящей главы Правил (1.9.45 – 1.9.48). Коэффициенты использования одноцепных гирлянд и одиночных опорных колонок, составленных из однотипных изоляторов, следует принимать равными 1,0 (1.9.49).

Раздел 2

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Электропроводка	Совокупность кабельных и (или) проводных линий с относящимися к ним элементами для прокладки кабелей и проводов, их крепления и механической защиты	2.1.2
Проводная линия	Линия для передачи электрической энергии или ее импульсов, состоящая из изолированных проводов с элементами их соединения и оконцевания	2.1.4
Внутренняя электропроводка	Электропроводка, расположенная внутри зданий и сооружений	2.1.5
Наружная электропроводка	Электропроводка, расположенная снаружи зданий и сооружений	2.1.5
Открытая электропроводка	Электропроводка, расположенная на поверхности строительных конструкций и между ними	2.1.5
Скрытая электропроводка	Электропроводка, расположенная внутри строительных конструкций	2.1.5
Струна	Элемент электропроводки в виде проволоки, натягиваемой на поверхности строительной конструкции и предназначенной для крепления к ней кабелей и проводов	2.1.6
Полоса	Элемент электропроводки в виде полосы, закрепляемой на поверхности строительной конструкции и предназначенной для крепления к ней кабелей и проводов	2.1.7
Трос	Элемент электропроводки в виде проволоки или каната, натягиваемой (натягиваемого) между строительными конструкциями и предназначенной (предназначенного) для подвески кабелей и проводов	2.1.8
Короб	Закрытое полое протяженное изделие со съемной или откидывающейся крышкой, предназначенное для прокладки в нем кабелей и проводов, размещения электрических аппаратов и электроустановочных изделий и их механической защиты	2.1.9

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Кабельное сооружение	Сооружение, специально предназначенное для размещения в нем кабелей и оборудования, предназначенного для обеспечения нормальной работы КЛ, а также их защиты при возникновении пожара: кабельные туннели, каналы, короба, блоки, шахты, этажи, двойные полы, кабельные эстакады, галереи, камеры, подпитывающие пункты	2.3.3
Кабельный коллектор	Туннель, предназначенный для размещения в нем кабелей и других коммуникаций	2.3.3
Кабельный туннель	Закрытое кабельное сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения на них кабелей и кабельных муфт, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры КЛ	2.3.3
Кабельный канал	Закрытое и заглубленное (частично или полностью) в грунт, пол, перекрытие и т. п. непроходное кабельное сооружение, предназначенное для размещения в нем кабелей, укладку, осмотр и ремонт которых возможно производить лишь при снятом перекрытии	2.3.3
Кабельная шахта	Закрытое вертикальное протяженное проходное (снабженное по всей высоте скобами или лестницей) или непроходное (со съемной полностью или частично стеной или дверями (люками) на каждом этаже) сооружение с кабельными конструкциями	2.3.3
Кабельный этаж	Часть здания, ограниченная полом и перекрытием или покрытием, с расстоянием между полом и выступающими частями перекрытия или покрытия не менее 1,8 м	2.3.3
Кабельный блок	Кабельное сооружение с трубами (каналами) для прокладки в них кабелей с относящимися к нему колодцами	2.3.3
Кабельная камера	Подземное кабельное сооружение, закрываемое глухой съемной бетонной плитой, предназначенное для укладки кабельных муфт или для протяжки кабелей в блоки	2.3.3
Кабельный колодец	Кабельная камера, имеющая люк для входа в нее	2.3.3

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Кабельная эстакада	Надземное или наземное открытое горизонтальное или наклонное протяженное кабельное сооружение. Кабельная эстакада может быть проходной или непроходной	2.3.3
Кабельная галерея	Надземное или наземное закрытое полностью или частично (например, без боковых стен) горизонтальное или наклонное проходное кабельное сооружение	2.3.3
Кабельный железобетонный короб	Наземное или надземное закрытое горизонтальное или наклонное протяженное непроходное со съемными плитами покрытия сооружение с кабельными конструкциями или без конструкций	2.3.4
Кабельный железобетонный лоток	Наземное или надземное горизонтальное или наклонное протяженное непроходное открытое (без плит покрытия) сооружение с кабельными конструкциями или без конструкций	2.3.5
Кабельная маслонаполненная линия низкого давления	КЛ, в которой длительно допустимое избыточное давление масла не превышает 0,5 МПа (5 кгс/см^2)	2.3.6
Кабельная маслонаполненная линия высокого давления	КЛ, в которой длительно допустимое избыточное давление масла более 1 МПа (10 кгс/см^2)	2.3.6
Секция кабельной маслонаполненной линии низкого давления	Участок линии между стопорными муфтами или стопорной и концевой муфтами	2.3.7
Подпитывающий пункт	Кабельное сооружение с подпитывающими аппаратами и оборудование (баки питания, баки давления, подпитывающие агрегаты и др.)	2.3.8
Разветвительное устройство	Часть маслонаполненной КЛ высокого давления между концом стального трубопровода и концевыми однофазными муфтами	2.3.9
Подпитывающий агрегат	Автоматически действующее устройство, состоящее из баков, насосов, труб, перепускных клапанов, вентилей, щита автоматики и другого оборудования, предназначенного для обеспечения подпитки маслом КЛ высокого давления	2.3.10

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Самонесущий изолированный провод (СИП)	Скрученные в жгут изолированные жилы, причем несущая жила может быть как изолированной, так и неизолированной. Механическая нагрузка может восприниматься или несущей жилой, или всеми проводниками жгута	2.4.2
Магистраль ВЛ	Участок линии от питающей трансформаторной подстанции до концевой опоры	2.4.3
Линейное ответвление от ВЛ	Участок линии, присоединенный к магистрали ВЛ, имеющий более двух пролетов	2.4.3
Ответвление от ВЛ к вводу	Участок от опоры магистрали или линейного ответвления до зажима (изолятора ввода)	2.4.3
Пролет ВЛ	Участок ВЛ между двумя опорами или конструкциями, заменяющими опоры	2.5.3
Длина пролета	Горизонтальная проекция пролета ВЛ	2.5.3
Габаритный пролет	Пролет, длина которого определяется нормированным вертикальным расстоянием от проводов до земли при установке опор на идеально ровной поверхности	2.5.3
Ветровой пролет	Длина участка ВЛ, с которого давление ветра на провода и грозозащитные тросы воспринимается опорой	2.5.3
Весовой пролет	Длина участка ВЛ, вес проводов (тросов) которого воспринимается опорой	2.5.3
Стрела провеса провода	Расстояние по вертикали от прямой, соединяющей точки крепления провода, до провода	2.5.3
Габаритная стрела провеса	Наибольшая стрела провеса провода в габаритном пролете	2.5.3
Анкерный пролет	Участок ВЛ между двумя ближайшими анкерными опорами	2.5.3
Подвесной изолятор	Изолятор, предназначенный для подвижного крепления токоведущих элементов к опорам, несущим конструкциям и различным элементам инженерных сооружений	2.5.3
Гирлянда изоляторов	Устройство, состоящее из нескольких подвесных изоляторов и линейной арматуры, подвижно соединенных между собой	2.5.3
Тросовое крепление	Устройство для прикрепления грозозащитных тросов к опорс; если в состав тросового крепления входит один или несколько изоляторов, то оно называется изолированным	2.5.3

Продолжение табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Штыревой изолятор	Изолятор, состоящий из изоляционной детали, закрепляемой на штыре или крюке опоры	2.5.3
Усиленное крепление провода с защитной оболочкой	Крепление провода на штыревом изоляторе или к гирлянде изоляторов, которое не допускает проскальзывания проводов при возникновении разности тяжений в смежных пролетах в нормальном и аварийном режимах	2.5.3
Пляска проводов (тросов)	Устойчивые периодические низкочастотные (0,2–2 Гц) колебания провода (троса) в пролете с односторонним или асимметричным отложением гололеда (мокрого снега, изморози, смеси), вызываемые ветром со скоростью 3–25 м/с и образующие стоячие волны (иногда в сочетании с бегущими) с числом полуволн от одной до двадцати и амплитудой 0,3–5 м	2.5.3
Вибрация проводов (тросов)	Периодические колебания провода (троса) в пролете с частотой от 3 до 150 Гц, происходящие в вертикальной плоскости при ветре и образующие стоячие волны с размахом (двойной амплитудой), который может превышать диаметр провода (троса)	2.5.3
Нормальный режим ВЛ	Режим при необорванных проводах, тросах, гирляндах изоляторов и тросовых креплениях	2.5.4
Аварийный режим ВЛ	Режим при оборванных одном или нескольких проводах или тросах, гирляндах изоляторов и тросовых креплений	2.5.4
Монтажный режим ВЛ	Режим в условиях монтажа опор, проводов и тросов	2.5.4
Населенная местность	Земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, курортные и пригородные зоны, зеленые зоны вокруг городов и других населенных пунктов, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов, а также территории садово-огородных участков	2.5.5
Труднодоступная местность	Местность, недоступная для транспорта и сельскохозяйственных машин	2.5.5
Ненаселенная местность	Земли, не отнесенные к населенной и труднодоступной местности	2.5.5

Окончание табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Застроенная местность	Территории городов, поселков, сельских населенных пунктов в границах фактической застройки	2.5.5
Трасса ВЛ в стесненных условиях	Участки трассы ВЛ, проходящие по территориям, насыщенным надземными и (или) подземными коммуникациями, сооружениями, строениями	2.5.5
Большие переходы	Пересечения судоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ, на которых устанавливаются опоры высотой 50 м и более, а также пересечения ущелий, оврагов, водных пространств и других препятствий с пролетом пересечения более 700 м независимо от высоты опор ВЛ	2.5.7

Глава 2.1. ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

Область применения

Вопрос. На электропроводки каких цепей распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,2 кВ постоянного тока, выполняемые кабелями и изолированными проводами на (в) строительных конструкциях (стены, перекрытия, полы и др.) жилых, общественных и производственных зданий и сооружений, а также на территориях, примыкающих к ним, и строительных площадках (2.1.1).

Общие указания

Вопрос. Какими принимаются сечения жил кабелей и проводов в электропроводках?

Ответ. Принимаются не менее приведенных в табл. 2.1.1. Сечения защитных проводников выбираются с соблюдением указаний гл. 1.7 Правил (2.1.19).

Таблица 2.1.1

Минимальные сечения жил кабелей и проводов в электропроводках

Назначение цепей электропроводки	Сечение жилы, мм²	
	Медной	Алюминиевой
Стационарная электропроводка		
Силовые цепи	1,5	2,5
Осветительные цепи	1,5	2,5
Вторичные цепи	0,5	–
Передвижная и переносная электроустановка		
Силовые, осветительные и вторичные цепи	0,75	–
Вторичные цепи при применении кабелей, имеющих семь и более жил	0,1	–

Вопрос. Для какого числа электроприемников и распределительных щитов допускается совместная прокладка кабелей и проводов (за исключением

взаиморезервируемых цепей) в одной трубе, одном рукаве, пучке, коробе, канале строительной конструкции и на одном лотке?

Ответ. Допускается совместная прокладка цепей:

одного электроприемника;

нескольких электроприемников, панелей, щитов, пультов и т. п., связанных одним технологическим процессом;

нескольких групп одного вида освещения (рабочего освещения или освещения безопасности);

на напряжение до 50 В с цепями на напряжение выше 50 В, при этом изоляция жил принимается соответствующей наивысшему номинальному напряжению этих цепей (2.1.20).

Вопрос. Для каких цепей не допускается совместная прокладка кабелей и проводов в одной трубе, одном рукаве, пучке, коробе, канале строительной конструкции и на одном лотке?

Ответ. Не допускается для цепей:

взаиморезервируемых;

рабочего освещения и эвакуационного освещения. Прокладка этих цепей допускается лишь в разных отсеках короба и лотка, продольные перегородки которых выполнены сплошными, механически прочными и из негорючего материала (2.1.21).

Вопрос. При каком условии допускается прокладка одножильных кабелей и проводов цепей переменного или выпрямленного тока в стальных трубах, коробах и гибких рукавах (проводники одной цепи (фазный, нулевой, прямой и обратный) размещаются совместно в одной трубе, одном коробе и одном гибком рукаве)?

Ответ. Прокладка таких проводников в отдельных ферромагнитных оболочках допускается, если ток в проводниках не превышает 25 А (2.1.22).

Вопрос. Как производится соединение, ответвление и оконцевание жил кабелей и проводов?

Ответ. Производится при помощи опрессовки, сварки или с использованием различного рода соединителей (сжимов, навертывающихся соединителей, резьбовых и безрезьбовых зажимов и т. п.). Допускается применение пайки жил кабелей и проводов силовых и осветительных цепей при условии принятия мер по защите места пайки от смещений и механических воздействий (2.1.24).

Вопрос. В каких устройствах (приспособлениях) должны выполняться соединение и ответвление кабелей и проводов (за исключением проводов, проложенных на изоляторах)?

Ответ. Должны выполняться в соединительных и ответвительных коробках, в изоляционных корпусах соединительных и ответвительных сжимов, в специальных нишах строительных конструкций, внутри корпусов электроустановочных изделий, аппаратов и машин (2.1.29).

Вопрос. Каким должен быть запас по длине кабелей и проводов при их прокладке?

Ответ. Запас кабелей и проводов по длине должен быть достаточным для компенсации возможных смещений конструкций и опор, на которых они расположены, температурных деформаций самих кабелей и проводов, а также в местах пересечения ими осадочных, температурных и антисейсмических швов.

Не допускается укладка запаса кабелей и проводов в виде колец (витков) (2.1.32).

Вопрос. В каких точках сети открыто проложенные кабели и провода снабжаются бирками (манжетами, оконцевателями и т. п.)?

Ответ. Снабжаются:

в начале и конце линии электропроводки;

с двух сторон при проходе сквозь стены, перегородки, перекрытия;

с двух сторон участка линии электропроводки при повороте ее на угол 90° и более.

На кабелях и проводах, проложенных пучками и многослойно, бирки устанавливаются только в начале и в конце каждой линии электропроводки.

На кабелях и проводах, проложенных скрыто (например, в трубах), бирки устанавливаются в начале и в конце линии электропроводки.

Аналогичные бирки устанавливаются и на кабельных муфтах (2.1.40).

Вопрос. Что указывается на бирках кабелей и проводов?

Ответ. Указывается их марка, напряжение, сечение жил, номер или наименование линии электропроводки. На бирках соединительных муфт указывается их номер, дата монтажа, номер или наименование линии электропроводки (2.1.40).

Вопрос. Как выполняется прокладка кабелей и проводов сквозь строительные конструкции (стены, перекрытия, перегородки и др.)?

Ответ. Выполняются в отфактурованных отверстиях (просмах), в специальных проходных устройствах и в заделанных в строительные конструкции отрезках труб и коробов с последующей заделкой в них кабелей и проводов легко удаляемым негорючим составом (2.1.46).

Вопрос. В каких случаях не требуется заделка кабелей и проводов внутри трубы в местах ее прохода сквозь строительные конструкции?

Ответ. Не требуется при выполнении кабельных и проводных линий в металлической трубе с внутренним диаметром до 32 мм, если эта труба имеет степень защиты не менее IP33 (2.1.48).

Вопрос. Что такое «локализационная способность» металлической трубы?

Ответ. Это способность металлической трубы (короба) противостоять прожогу при дуговом КЗ, возникшем между жилой проводника и трубой (коробом) (2.1.50).

Выбор вида электропроводки. Выбор кабелей и проводов и способа их прокладки

Вопрос. Как осуществляется выбор электропроводки?

Ответ. Осуществляется в соответствии с табл. 2.1.3 и 2.1.4 настоящей главы Правил (2.1.54).

Вопрос. Как производится выбор и расчет нулевых рабочих (нейтральных) проводников (*N*-проводники)?

Ответ. Такие проводники должны быть рассчитаны на длительное протекание рабочего тока. Сечение *N*-проводника принимается равным сечению фазных (полюсных) проводников:

в однофазных цепях переменного тока и в двухполюсных цепях постоянного тока – независимо от сечения;

в многофазных цепях переменного тока и в цепях постоянного тока со средней точкой при сечении фазных проводников менее или равном 16 мм² медных и 25 мм² алюминиевых.

Допускается применение *N*-проводника сечением менее сечения фазных проводников (но не менее 50 % их сечения) в трехфазных цепях переменного тока и в цепях постоянного тока со средней точкой, в который максимальный рабочий ток *N*-проводника, включая токи высших гармоник, не превышает значение его длительно допустимого тока. При этом одновременно должно обеспечиваться выполнение следующих условий:

сечение фазных проводников превышает 16 мм² для медных и 25 мм² для алюминиевых проводников;

сечение *N*-проводника составляет не менее 16 мм² для медных и 25 мм² для алюминиевых проводников;

защита *N*-проводника при КЗ обеспечивается максимальной защитой фазных проводников (2.1.56).

Вопрос. Можно ли использовать жилу кабеля или провода в качестве *N*-проводников, а также *PEN*-проводников?

Ответ. Можно в качестве специально предусмотренных *N*- и *PEN*-проводников. Такой проводник прокладывается совместно с фазными проводниками (2.1.57).

Вопрос. Какие кабели и провода применяются для открытой прокладки снаружи зданий и сооружений?

Ответ. Применяются, как правило, светостойкие кабели и провода. В случае применения несветостойких кабелей и проводов предусматривается защита их от действия прямой солнечной радиации. В качестве расчетной температуры окружающего воздуха для определения допустимых длительных токов принимается средняя максимальная месячная температура воздуха наиболее жаркого месяца (2.1.62).

Открытые электропроводки внутри зданий и сооружений

Вопрос. Какой должна быть высота открытой прокладки кабелей и проводов в защитной оболочке, а также кабелей и проводов в трубах, гибких рукавах и коробах от уровня пола или площадки обслуживания?

Ответ. Высота такой прокладки со степенью защиты не ниже IP20 не нормируется (2.1.67)

Вопрос. Какие расстояния принимаются при пересечении кабелей и проводов с трубопроводами?

Ответ. Расстояния между ними в свету принимаются не менее 50 мм, а с трубопроводами, содержащими горючие или легковоспламеняющиеся жидкости и газы – не менее 500 мм. При расстоянии от кабелей и проводов до трубопроводов менее 250 мм кабели и провода дополнительно защищаются от механических повреждений на длине не менее 250 мм в каждую сторону от трубопровода (2.1.68).

Вопрос. Какие расстояния от кабелей и проводов до трубопроводов принимаются при параллельной прокладке?

Ответ. Принимаются не менее 100 мм, а до трубопроводов с горючими или легковоспламеняющимися жидкостями и газами – не мене 500 мм (2.1.69).

Вопрос. В каких помещениях выполняется соединение труб, коробов и гибких рукавов между собой, а также с коробами, корпусами электрооборудования и т. п.?

Ответ. Выполняется:

в помещениях, которые содержат пары или газы, отрицательно воздействующие на изоляцию или оболочки кабелей и проводов, в наружных установках и в местах, где возможно попадание в трубы, короба и рукава масла, воды или эмульсии, – с уплотнением; короба в этих случаях должны быть со сплошными стенками и с уплотненными сплошными крышками либо глухими, разъемные короба – с уплотнениями в местах разъема, а гибкие рукава – герметичными;

в пыльных помещениях – с уплотнением соединений и ответвлений труб, рукавов и коробов для защиты от пыли (2.1.74).

Скрытые электропроводки внутри зданий и сооружений

Вопрос. Как выполняются скрытые электропроводки в трубах, коробах и гибких рукавах?

Ответ. Выполняются с соблюдением указаний настоящей главы Правил, причем во всех случаях с уплотнением. Короба скрытых электропроводок выполняются глухими (2.1.76).

Вопрос. Допускаются ли электропроводки в вентиляционных каналах и вентиляционных шахтах?

Ответ. Такие электропроводки не допускаются. Допускается пересечение этих каналов и шахт кабелями и проводами, заключенными в стальные трубы (2.1.77).

Электропроводки в чердаках

Вопрос. Какие помещения относятся к чердакам?

Ответ. Под чердаком понимается такое непроизводственное помещение над верхним этажом здания, потолком которого является крыша здания и которое имеет несущие конструкции (кровлю, фермы, стропила, балки и т. п.) из горючих материалов.

Вопрос. На какой высоте могут размещаться открытые электропроводки в чердаках?

Ответ. Могут размещаться на любой высоте. Проводные линии, выполненные проводами без защитной оболочки на изоляторах, – на высоте не менее 2,5 м от пола чердака; при высоте до проводов менее 2,5 м они защищаются от прикосновений и механических повреждений (2.1.78).

Вопрос. Какими кабелями и проводами выполняются электропроводки в чердаках?

Ответ. Выполняются, как правило, кабелями и проводами с медными жилами. Для силовых цепей допускается применение кабелей и проводов с алюминиевыми жилами сечением не менее 16 мм² (2.1.79).

Наружные электропроводки

Вопрос. Как выполняется открытая прокладка по строительным конструкциям проводов без защитной оболочки?

Ответ. Допускается выполнение только на изоляторах. В отношении электробезопасности такие провода рассматриваются как неизолированные. При этом они располагаются или ограждаются таким образом, чтобы были недоступны для прикосновения с мест, где возможно пребывание людей.

От указанных мест эти провода, если они расположены без ограждений по строительным конструкциям зданий и сооружений, размещаются на расстоянии не менее, м:

при горизонтальной прокладке:

под балконом, крыльцом, а также над крышей промышленного здания	– 2,5
над окном	– 0,5
под балконом	– 1,0
под окном (от подоконника)	– 1,0

при вертикальной прокладке:

до окна	– 0,75
до балкона	– 1,0
от земли	– 2,75

(2.1.80).

Вопрос. Какими должны быть расстояния от кабелей и проводов, пересекающих пожарные проезды и пути для перевозки грузов, до поверхности земли (дороги) в проезжей части?

Ответ. Должны быть не менее 6 м, а в непроезжей части – не менее 3,5 м (2.1.82).

Вопрос. Какими принимаются расстояния между проводами?

Ответ. Принимаются следующими при пролете:

до 6 м – не менее 0,1 м;

более 6 м – не менее 0,15 м.

Расстояния от проводов до стен и опорных конструкций должны быть не менее 50 мм (2.1.83).

Вопрос. Как выполняются вводы от ВЛ в здания?

Ответ. Вводы от ВЛ в здания, как правило, выполняются через стены в трубах таким образом, чтобы вода не могла скапливаться в проходе и проникать внутрь зданий.

Вопрос. Каким принимается расстояние от кабелей и проводов перед вводом до поверхности земли?

Ответ. Принимается не менее 2,75 м. Расстояние между проводами у изоляторов ввода, а также от проводов до выступающих частей здания (свесы с крыши и т. п.) принимается не менее 0,2 м (2.1.85).

Вопрос. Каким допускается расстояние в свету от проводов ответвлений к вводу и проводов ввода до крыши для зданий небольшой высоты (торговые павильоны, киоски, здания контейнерного типа, передвижные будки, фургоны и т. п.), на крышах которых исключено пребывание людей?

Ответ. Допускается не менее 0,5 м. При этом расстояние от проводов до поверхности земли – не менее 2,75 м (2.1.85).

Глава 2.2. ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ до 35 кВ

Область применения

Вопрос. На какие токопроводы распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на токопроводы переменного и постоянного тока напряжением до 35 кВ. Глава не распространяется на токопроводы, устройство которых определяется специальными правилами и нормами (2.2.1).

Общие требования

Вопрос. По каким условиям следует производить расчет и выбор проводников, изоляторов, арматуры, конструкций и аппаратов токопроводов?

Ответ. Следует производить по нормальным условиям работы (соответствующему рабочему напряжению и току), по условиям работы при КЗ, а также по климатическим условиям (2.2.9).

Вопрос. Какие меры следует предусматривать в случаях, когда изменение температуры, вибрация, неравномерная осадка зданий и т. п. могут вызвать опасные механические напряжения в проводниках, изоляторах и других элементах жестких токопроводов?

Ответ. Следует предусматривать меры для устранения этих напряжений (компенсаторы или подобные им приспособления). На жестких токопроводах компенсаторы должны устанавливаться также в местах пересечений с температурными и осадочными швами зданий и сооружений (2.2.15).

Вопрос. Как рекомендуется выполнять неразъемные соединения токопроводов?

Ответ. Рекомендуется выполнять при помощи сварки. Для соединения ответвлений с гибкими токопроводами допускается применение прессуемых зажимов (2.2.16).

Вопрос. Допускается ли совместная прокладка токопроводов и кабелей в общих туннелях, галереях, на общих эстакадах?

Ответ. Допускается. При этом в кабельных сооружениях, оснащенных автоматическим пенным или жидкостным пожаротушением, допускается прокладка токопроводов со степенью защиты не ниже IP44 (2.2.17).

Токопроводы напряжением до 1 кВ переменного и до 1,5 кВ постоянного тока

Вопрос. Каковы требования к размещению токопроводов?

Ответ. Должны быть выполнены следующие требования:

в местах, где возможны механические повреждения, токопроводы должны иметь соответствующую защиту, например, в виде кожухов, козырьков, сеток и т. п.;

в местах, где возможны непреднамеренные прикосновения к токоведущим частям и отсутствует защита от механических повреждений, токопроводы без защитных оболочек должны иметь сплошное, сетчатое или смешанное ограждение. Сетчатое ограждение должно иметь ячейки размером не более 25×25 мм;

в производственных помещениях токопроводы со степенью защиты IP00 и IP10 следует располагать на высоте не менее 3,5 м от уровня пола или площадки обслуживания, а токопроводы со степенью защиты IP20 и IP30 – на высоте не менее 2,5 м;

в помещениях, посещаемых только квалифицированным обслуживающим персоналом (например, в технических этажах зданий и т. п.), высота установки токопроводов со степенью защиты IP20 и выше, а также расстояния от них до технологического оборудования, стен или конструкций здания не нормируются; со степенью защиты IP10 – должна соответствовать требованиям предыдущего пункта;

в электропомещениях высота установки токопроводов с любой степенью защиты не нормируется;

высота прохода под оболочкой токопровода или его ограждением должна быть не менее 1,9 м от пола или площадки обслуживания;

конструкции, на которые устанавливают токопроводы, должны быть выполнены из негорючих материалов и иметь предел огнестойкости не менее 0,25 ч;

при проходе токопровода через перекрытия, перегородки и стены заделка проемов, а также исполнение секций токопровода должны исключать возможность распространения пламени и дыма из одного помещения в другое, в том числе внутри оболочки токопровода (2.2.19).

Вопрос. Какими должны быть расстояния от токоведущих частей токопроводов без защитных оболочек?

Ответ. Должны быть не менее:

50 мм – до сплошных ограждений, в том числе съемных;

100 мм – до сетчатых ограждений в электропомещениях;

200 мм – до сетчатых ограждений, а также до сгораемых элементов зданий в помещениях, посещаемых только квалифицированным персоналом;

700 мм – до сетчатых ограждений в производственных помещениях (2.2.20).

Вопрос. В каких местах трассы токопроводов без защитных оболочек должны быть укреплены предупреждающие плакаты?

Ответ. Должны быть укреплены через каждые 10–15 м, а также в местах, посещаемых людьми (посадочные площадки для крановщиков и т. п.) (2.2.22).

Вопрос. Какие дополнительные требования предъявляются к токопроводам в крановых пролетах?

Ответ. Предъявляются следующие дополнительные требования:

неогражденные токопроводы без защитных оболочек, прокладываемые по фермам, следует размещать на высоте не менее 3,5 м от уровня настила моста и тележки крана; при прокладке токопроводов на высоте менее 3,5 м, но не ниже уровня нижнего пояса ферм перекрытия, должны быть предусмотрены ограждения от непреднамеренного прикосновения к ним с настила моста и тележки крана на всем протяжении токопроводов. Разрешается устройство ограждения в виде навеса на самом кране под токопроводом;

участки токопроводов без защитных оболочек над ремонтными загонами для кранов должны иметь ограждения, предотвращающие прикосновение к токоведущим частям с настила моста и тележки крана. Ограждение не требуется, если токопровод расположен над этим настилом на уровне не менее 3,5 м или если в этих местах применяются изолированные проводники; в последнем случае наименьшее расстояние до них определяют, исходя из условий обслуживания и ремонта;

прокладка токопроводов под краном без применения специальных мер защиты от механических повреждений допускается лишь в той части подкранового пространства, в которой ни при каких обстоятельствах не может находиться кран и его элементы (2.2.24).

Токопроводы напряжением выше 1 кВ переменного тока

Вопрос. Какие требования должны быть выполнены при размещении токопроводов в помещениях?

Ответ. Должны быть выполнены следующие требования:

в производственных помещениях разрешается применение токопроводов со степенью защиты IP40 и выше, при этом их следует располагать на высоте не менее 2,5 м в свету от уровня пола или площадки обслуживания;

в производственных помещениях, посещаемых только квалифицированным обслуживающим персоналом (например, в технических этажах зданий и т. п.), высота установки токопроводов со степенью защиты 1P40 и выше не нормируется;

в электропомещениях разрешается применение токопроводов любого исполнения. Высота установки в свету от уровня пола или площадки обслуживания для токопроводов со степенью защиты ниже 1P40 напряжением 6–10 кВ должна быть не менее 2,5 м, напряжением 20 и 35 кВ – не менее 2,7 м, при степени защиты IP40 и выше – не нормируется;

в местах выхода экранированного токопровода из помещений на открытый воздух необходимо предусматривать проходные изоляторы для исключения появления «росы» внутри токопровода из-за разности температур (2.2.25).

Вопрос. Какие токопроводы могут применяться на открытом воздухе?

Ответ. Могут применяться токопроводы всех исполнений (2.2.26).

Вопрос. По каким условиям должна выбираться изоляция наружных открытых токопроводов (в том числе шинных мостов генераторов), включая вводы от токопроводов напряжением 6 и 10 кВ?

Ответ. Должна выбираться на номинальное напряжение 20 кВ, при напряжении 13,8–24 кВ – на напряжение 35 кВ. При размещении токопроводов в условиях загрязненной атмосферы номинальное напряжение их изоляторов должно выбираться с учетом СЗ (2.2.27).

Вопрос. Допускается ли совместная прокладка токопроводов и технологических трубопроводов на общих опорах, а также в общих туннелях и галереях?

Ответ. Как правило, не допускается. Такая совместная прокладка допускается на промпредприятиях только для токопроводов серийного изготовления со степенью защиты IP55 и выше (2.2.28).

Вопрос. Как выбирается сечение проводников токопроводов?

Ответ. Выбирается по экономической плотности тока на основе технико-экономических расчетов и проверяется по длительно допустимому току в нормальном и послеаварийном режимах работы (2.2.29).

Вопрос. Как рекомендуется располагать фазные проводники протяженных токопроводов?

Ответ. Рекомендуется располагать по вершинам равностороннего треугольника. При использовании транспозиции фаз по длине токопровода допускается предусматривать несимметричное (горизонтальное или вертикальное) расположение фаз (2.2.31).

Вопрос. Каким рекомендуется принимать расстояние между проводами расщепленной фазы гибкого токопровода?

Ответ. Рекомендуется принимать не менее:

шести диаметров применяемых проводов для протяженных токопроводов;

одного диаметра применяемых проводов для непротяженных токопроводов, в том числе для токопроводов связи трансформатора с РУ (2.2.31).

Вопрос. В каких точках сети следует предусматривать стационарные заземляющие аппараты для токопроводов?

Ответ. Следует предусматривать в начале и в конце токопроводов (а для токопроводов без оболочек – также в промежуточных точках). Допускается применение переносных заземляющих устройств.

Точки, в которых намечается установка заземлений, следует выбирать таким образом, чтобы наведенное от соседних токопроводов при КЗ напряжение на участке между двумя соседними точками заземления не превышало 250 В.

Для токопроводов связи трансформаторов с РУ протяженностью не более 30–50 м не требуется установка заземляющего аппарата со стороны трансформатора (2.2.39).

Вопрос. Какие требования должны быть соблюдены при выполнении туннелей и галерей для токопроводов?

Ответ. Должны быть соблюдены соответствующие указания настоящей главы Правил, а также следующие требования:

сооружения должны выполняться из негорючих материалов. Несущие строительные конструкции из железобетона должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч, из стального проката – не менее 0,25 ч;

вентиляция туннелей и закрытых галерей должна быть выполнена таким образом, чтобы разность температур входящего и выходящего воздуха

при номинальной нагрузке не превышала 15 °С. При этом должно быть предотвращено образование застоя горячего воздуха в сужениях, поворотах, обходах и т. д. Вентиляционные отверстия должны быть закрыты жалюзи или сетками и защищены козырьками;

внутреннее пространство туннелей и галерей не должно пересекаться какими-либо технологическими, сантехническими и т. п. трубопроводами;

туннели и галереи рекомендуется оборудовать устройствами связи;

количество выходов из туннелей и галерей, а также расстояния между выходами должно отвечать требованиям, установленным для кабельных сооружений, в которых прокладываются кабели напряжением до 35 кВ (2.2.42).

Глава 2.3. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ до 500 кВ

Область применения

Вопрос. На какие КЛ распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на кабельные силовые линии до 500 кВ, на линии выполняемые контрольными кабелями и кабелями связи (2.3.1).

Общие указания

Вопрос. В каких местах над подземными кабелями устанавливаются охранные зоны?

Ответ. В соответствии с действующими правилами охраны электрических сетей устанавливаются охранные зоны в размере площади над кабелями:

для кабелей напряжением выше 1 кВ – по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей;

для кабелей напряжением до 1 кВ – по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей, а при прохождении кабелей в городах под тротуарами – на 0,6 м в сторону зданий, сооружений и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

Для подводных кабелей напряжением до и выше 1 кВ устанавливается охранная зона, определяемая параллельными прямыми на расстоянии 100 м от крайних кабелей (2.3.15).

Вопрос. Какие требования необходимо соблюдать при выполнении КЛ?

Ответ. КЛ выполняются так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений, для чего:

кабели укладываются с запасом по длине, достаточным по компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены;

кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам и перекрытиям и т. п., закрепляются жестко и равномерно по длине кабеля, а также в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов, у соединительных и стопорных муфт;

кабели, проложенные вертикально по конструкциям и стенам, закрепляются так, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственного веса кабелей;

конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, выполняются таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей предохраняются от механических повреждений и коррозии;

кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и грузов, доступность для посторонних лиц), защищаются по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;

при прокладке кабелей рядом с другими кабелями, находящимися в эксплуатации, принимаются меры для предотвращения повреждения последних;

кабели прокладываются на расстоянии от нагретых поверхностей, предотвращающем нагрев кабелей выше допустимого; при этом предусматривается защита кабелей от прорыва горячих веществ в местах установки задвижек и фланцевых соединений (2.3.17).

Вопрос. Каковы требования к нумерации (маркировке) КЛ?

Ответ. Каждая КЛ нумеруется (маркируется). Если КЛ состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждому из них присваивается один и тот же номер с добавлением буквенных или цифровых индексов. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты снабжаются бирками с обозначением: на бирках кабелей и концевых муфт – марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии; на бирках соединительных муфт – номера муфты и даты монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. На кабелях, проложенных в кабельных сооружениях, бирки располагаются по длине не реже чем каждые 50 м, а также у входа и выхода кабелей из сооружений, при проходе через стены, перегородки, перекрытия (2.3.23).

Вопрос. В каких местах на трассе КЛ, проложенной в незастроенной местности, а также в обширных незастроенных местах населенных пунктов, устанавливаются опознавательные знаки?

Ответ. Устанавливаются по длине через 50–100 м и в местах изменения направления трассы. Трасса КЛ, проложенной по пахотным землям, обозначается знаками, устанавливаемыми не реже чем через 500 м, а также в местах изменения направления трассы (2.3.24).

Выбор видов прокладки

Вопрос. Чем необходимо руководствоваться при выборе видов прокладки силовых кабелей?

Ответ. Необходимо руководствоваться следующим:

при прокладке кабелей в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести силовых кабелей. При большем количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях. Вместе с указанными силовыми кабелями допускается прокладывать контрольные кабели;

прокладка кабелей в городских условиях в туннелях, по эстакадам и в галереях рекомендуется при количестве силовых кабелей, идущих в одном направлении, более 20;

прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечения с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла и т. п.;

при выборе видов прокладки по территориям городов учитывается удобство обслуживания сооружений;

виды и особенности прокладки кабелей определяются проектом (2.3.25).

Вопрос. Как прокладываются кабели по территории подстанций и РУ?

Ответ. Прокладываются в туннелях, коробах, каналах, трубах, в земле, наземных и надземных железобетонных лотках, по эстакадам и в галереях. На подходах к оборудованию в пределах ячейки РУ допускается прокладка небронированных кабелей в траншеях.

При прокладке кабелей по технологическим эстакадам с трубопроводами, не содержащими горючие вещества, небронированные кабели допускается прокладывать открыто по кабельным конструкциям.

При прокладке кабелей по эстакадам расстояние между кабельными трассами (коробами) различных энергоблоков принимается не менее 1 м (2.3.26).

Вопрос. Из какого материала выполняются основные конструкции эстакад?

Ответ. Выполняются из железобетона или стального проката (2.3.26).

Вопрос. Как рекомендуется прокладывать кабели в количестве семи штук и более в потоке по улицам и площадям, насыщенным подземными коммуникациями?

Ответ. Рекомендуется прокладывать в коллекторах и кабельных туннелях. При пересечении улиц и площадей с усовершенствованными покрытиями и с интенсивным движением транспорта кабели прокладываются в блоках или трубах (2.3.28).

Вопрос. С учетом каких факторов осуществляются разные виды прокладок кабелей в районах многолетней мерзлоты?

Ответ. Осуществляются с учетом следующего:

для прокладки кабелей в земляных траншеях наиболее пригодными грунтами являются дренирующие грунты (скальные, галечные, гравийные, щебенистые и крупнопесчаные); пучинистые и просадочные грунты непригодны для прокладки в них кабелей. Прокладку кабелей непосредственно в грунте допускается осуществлять при числе кабелей не более четырех. По грунтово-мерзлотным и климатическим условиям не допускается прокладка кабелей в трубах, проложенных в земле. На пересечениях с другими кабелями, дорогами и подземными коммуникациями кабели защищаются железобетонными плитами.

прокладка кабелей вблизи зданий не допускается. Ввод кабелей из траншеи при отсутствии вентилируемого подполья выполняется выше нулевой отметки;

прокладку кабелей в каналах допускается применять в местах, где деятельный слой состоит из непучинистых грунтов и имеет ровную поверхность с уклоном не более 0,2 %, обеспечивающим сток поверхностных вод. Кабельные каналы выполняются из водонспроницаемого железобетона и покрываются снаружи надежной гидроизоляцией. Сверху каналы закрываются железобетонными плитами. Каналы могут выполняться заглубленными в грунт и без заглубления (поверх грунта). В этом случае под каналом и вблизи него выполняется подушка толщиной не менее 0,5 м из сухого хорошо дренирующего грунта (2.3.30).

Вопрос. Как допускается прокладывать кабели внутри зданий?

Ответ. Допускается прокладывать непосредственно по конструкциям зданий (открыто и в коробах или трубах), в каналах, блоках, туннелях, трубах, проложенных в полах и перекрытиях, а также по фундаментам машин, в шахтах, кабельных этажах и двойных полах.

Прокладку кабелей сквозь строительные конструкции (стены, перегородки, перекрытия) рекомендуется выполнять в отрезках негорючих труб, а также в отфактурованных отверстиях в негорючих строительных конструкциях, отрезках коробов и специальных конструкциях; зазоры в трубах и отверстиях после прокладки кабелей заделываются негорючими легко разрушаемыми материалами. Огнестойкость прохода обеспечивается не ниже огнестойкости строительной конструкции, в которой проход выполнен, а при отсутствии данных – не ниже 0,75 ч (2.3.31).

Выбор кабелей

Вопрос. Как производится выбор конструкций и сечений кабелей, проходящих в различных грунтах и условиях окружающей среды?

Ответ. Производится по участку с наиболее тяжелыми условиями, если длина участков с легкими условиями не превышает строительной длины кабеля.

При протяженности различных участков трассы с различными условиями прокладки более строительной длины кабеля выбор типа кабеля и сечения жил выполняется для каждого участка (2.3.32).

Вопрос. Какие кабели применяются для прокладки в земле или воде?

Ответ. Применяются, как правило, бронированные кабели с наружным покровом для защиты от коррозии (2.3.34).

Вопрос. Какие кабели рекомендуется прокладывать в кабельных сооружениях и производственных помещениях?

Ответ. При отсутствии опасности механических повреждений рекомендуется прокладывать небронированные кабели, а при наличии опасности механических повреждений применяются бронированные кабели или их защита от механических повреждений (2.3.35).

Вопрос. Чем обеспечивается нераспространение горения КЛ?

Ответ. Обеспечивается:

использованием кабелей, не распространяющих горение (с индексом «нг» и «нг-LS»);

покрытием кабелей огнезащитными кабельными покрытиями;

использованием кабельных конструкций и кабельной арматуры, не распространяющих горение (2.3.36).

Вопрос. Какие кабели применяются для прокладки в кабельных блоках и трубах?

Ответ. Применяются, как правило, бронированные кабели без наружных покровов. Допускается применение кабелей в пластмассовой или резиновой оболочке (2.3.37).

Вопрос. Какие кабели применяются для прокладки в агрессивных грунтах (солончаки, грунт со шлаком и строительным мусором и т. п.) и в зонах действия блуждающих токов?

Ответ. Применяются кабели с соответствующими защитными покровами (например, со свинцовой оболочкой и покровами типа $Б_{2л}$, $Щ_в$). Для прокладки в земле при отсутствии возможности механических повреждений применяются кабели с изоляцией жил из сшитого полиэтилена в оболочке из термопластичного полиэтилена. Допускается применение кабелей с изоляцией жил из термопластичного, сшитого полиэтилена и поливинилхлоридного пластиката в оболочке из поливинилхлоридного пластиката (2.3.38).

Вопрос. Какие кабели применяются для прокладки в почвах, подверженных смещению?

Ответ. Применяются кабели с проволочной броней или принимаются меры по устранению усилий, действующих на кабель при смещении почвы (укрепление грунта шпунтовым или свайными рядами, применение железобетонных лотков и т. п.) (2.3.40).

Вопрос. Какие кабели применяются для передвижных механизмов?

Ответ. Применяются гибкие кабели с резиновой или другой аналогичной изоляцией, выдерживающей многократные изгибы (2.3.43).

Вопрос. Какие кабели применяются на вертикальных и наклонных участках трассы с разностью уровней, превышающей 15 метров (для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение до 35 кВ)?

Ответ. Применяются кабели с нестекающей пропиточной массой, кабели с обедненно-пропитанной бумажной изоляцией и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией. Для указанных условий кабели с вязкой пропиткой допускается применять только со стопорными муфтами, размещенными по трассе в соответствии с допустимыми разностями уровней для этих кабелей (2.3.45).

Вопрос. Какие кабели применяются в четырехпроводных (система *TN-C*) сетях напряжением до 1 кВ?

Ответ. Применяются, как правило, четырехжильные кабели. Допускается применение трехжильных силовых кабелей в алюминиевой оболочке с использованием оболочки в качестве совмещенного нулевого рабочего и нулевого защитного проводника (*PEN*-проводника), за исключением установок со взрывоопасной средой и установок, в которых при нормальных условиях эксплуатации ток в нулевом проводе составляет более 75 % допустимого длительного тока фазного провода (2.3.46).

Вопрос. Могут ли применяться для КЛ одножильные кабели?

Ответ. Могут применяться. Сечение этих кабелей выбирается с учетом их дополнительного нагрева токами, наводимыми в оболочке (2.3.47).

Подпитывающие устройства и сигнализация давления масла кабельных маслонаполненных линий

Вопрос. Где рекомендуется размещать подпитывающие баки низкого давления?

Ответ. Рекомендуется размещать в закрытых помещениях. Небольшое количество подпитывающих баков (5–6) на открытых пунктах питания (при температуре окружающего воздуха не ниже минус 30 °С) располагается на опорных конструкциях и защищается от прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков. Подпитывающие баки снабжаются указателями давления масла (2.3.50).

Вопрос. Где размещаются подпитывающие линии высокого давления?

Ответ. Размещаются в закрытых помещениях, в которых поддерживается температура не ниже +17 °С, и располагаются возможно ближе к месту присоединения к КЛ. Присоединение нескольких подпитывающих агрегатов к КЛ производится через масляный коллектор (2.3.51).

Вопрос. От каких источников питания снабжаются электроэнергией подпитывающие агрегаты?

Ответ. Снабжаются, как правило, от двух независимых источников питания с обязательным устройством автоматического включения резерва (АВР). Подпитывающие агрегаты отделяются один от другого негорючими перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч (2.3.53).

Вопрос. Какой системой сигнализации давления масла оборудуется каждая маслонаполненная КЛ?

Ответ. Оборудуется системой сигнализации давления масла, обеспечивающей регистрацию и передачу дежурному персоналу сигналов о понижении и повышении давления масла сверх допустимых пределов и другую необходимую информацию (2.3.54).

Вопрос. В каких помещениях прокладывается маслопровод, соединяющий коллектор подпитывающего агрегата с маслонаполненной КЛ высокого давления?

Ответ. Прокладывается в помещениях с положительной температурой. Допускается прокладка его в утепленных траншеях, лотках, каналах и в земле ниже зоны промерзания при условии обеспечения положительной температуры окружающей среды (2.3.57).

Соединения и оконцевания кабелей

Вопрос. Какие муфты в качестве соединительных и стопорных применяются для маслонаполненных КЛ низкого давления?

Ответ. Применяются только муфты из немагнитных металлов.

Вопрос. Где размещаются стопорные, полустопорные и переходные муфты на маслонаполненных КЛ?

Ответ. Размещаются в кабельных колодцах; соединительные муфты при прокладке кабелей в земле рекомендуется размещать в камерах. Соединительные муфты кабелей низкого давления в алюминиевой оболочке рекомендуется размещать в кабельных колодцах без засыпки грунтом с обязательным креплением муфт и кабелей (2.3.60).

Вопрос. Какое количество соединительных муфт на 1 км рекомендуется при строительстве КЛ?

Ответ. Рекомендуется не более:

для одножильных кабелей – 2 шт.;

для многожильных кабелей на напряжение до 10 кВ включительно сечением:

до 95 мм² – 3 шт.;

от 120 до 240 мм² – 4 шт.;

для трехжильных кабелей напряжением 20 и 35 кВ – 6 шт.

Для КЛ напряжением 110–500 кВ число соединительных муфт определяется проектом с учетом размеров поставляемых строительных длин кабеля, характера трассы и видов прокладки.

Использование маломерных отрезков кабеля для сооружения протяженных КЛ не допускается (2.3.62).

Заземление

Вопрос. Каким проводником при заземлении металлических оболочек силовых кабелей оболочка и броня соединяются между собой и с корпусами муфт (концевых, соединительных и др.)?

Ответ. Соединяются гибким медным проводом.

Применять заземляющие или нулевые защитные проводники с проводимостью большей, чем проводимость оболочек кабелей, не требуется, однако их сечение принимается не менее 6 мм (2.3.64).

Вопрос. Какие муфты заземляются на маслонаполненных КЛ низкого давления?

Ответ. Заземляются концевые, соединительные и стопорные муфты. Подпитывающие устройства маслонаполненных КЛ присоединяются к линиям через изолирующие вставки. Корпуса концевых муфт и вводов в трансформаторы и КРУЭ заземляются, а при применении катодной защиты соединяются с устройством защиты (2.3.65).

Вопрос. В каких местах заземляется стальной трубопровод маслонаполненных кабелей высокого давления, проложенный в земле?

Ответ. Заземляется по концам, а проложенный в кабельных сооружениях – по концам и в промежуточных точках, определяемых расчетами в проекте. Концевые муфты, вводы КРУЭ рекомендуется соединять между собой и заземлять (2.3.66).

Вопрос. Что подлежит заземлению при переходе КЛ в ВЛ и при отсутствии у опоры ВЛ заземляющего устройства?

Ответ. Допускается заземлять кабельные муфты (мачтовые) только присоединением к металлической оболочке кабеля, если кабельная муфта на другом конце кабеля присоединена к заземляющему устройству (2.3.67).

Специальные указания к кабельному хозяйству электростанций, подстанций и распределительных устройств

Вопрос. На какое кабельное хозяйство распространяются специальные указания?

Ответ. Распространяются на кабельное хозяйство электрических станций мощностью 25 МВт и более, а также РУ и подстанций напряжением 35–500 кВ (2.3.68).

Вопрос. Каким образом выполняется главная электрическая схема, схема СН и схема оперативного тока, управление оборудованием, компоновка оборудования и кабельных трасс электростанций и подстанций?

Ответ. Выполняется таким образом, чтобы при возникновении пожара в кабельном хозяйстве были исключены:

одновременная потеря взаимно резервирующих КЛ;

выход из работы систем обнаружения и тушения пожара;

нарушение работы более чем одного блока на теплоэлектростанции;

нарушение работы блоков на гидроэлектростанции, количество которых определяется условиями компоновки сооружений и оборудования, а также условиями работы в энергосистеме (2.3.69).

Вопрос. С учетом каких факторов выбираются трассы КЛ при размещении потоков кабелей на электростанциях?

Ответ. Выбираются с учетом:

предотвращения перегрева кабелей от нагретых поверхностей технологического оборудования;

предотвращения повреждений кабелей при выхлопах (возгораниях и взрывах) пыли через предохранительные устройства пылесистем.

Не допускается прокладка транзитных кабелей в технологических туннелях гидрозолоудаления, а также в местах, где располагаются трубопроводы с химически агрессивными жидкостями, а также прокладка кабелей без защиты от воздействия перегретого пара в случае его прорыва в местах установки задвижек (2.3.70).

Вопрос. По каким трассам прокладываются взаимно резервирующие КЛ (силовые, оперативного тока, средств связи, управления, сигнализации, систем пожаротушения и др.)?

Ответ. Прокладываются по разным трассам. КЛ, идущие к общестанционным объектам (ОРУ, ЗРУ, ЦЩУ центральной циркуляционной насосной, мазутонасосной (если мазут является основным топливом), пожарной насосной, химводоочистке, топливоподаче, компрессорной воздушных выключателей и т. п.) выполняются взаимно резервирующими (2.3.71).

Вопрос. Как прокладываются кабели установок пожарной сигнализации (кроме кабелей к извещателям), автоматического и дистанционного управления установками пожаротушения и кабели их электропитания, за исключением пожарных насосов и относящихся к ним кабелей, имеющих резервирование?

Ответ. Прокладываются вне защищаемых этими установками кабельных сооружений. Допускается их прокладка в пределах защищаемых ими кабельных сооружений кабелями с минеральной изоляцией, в металлических трубах или в отдельных металлических коробах (2.3.73).

Вопрос. Какие приспособления сооружаются для обеспечения доступа к кабелям при расположении их на высоте 5 м и более?

Ответ. Сооружаются площадки обслуживания и проходы. Для одиночных кабелей и небольших групп кабелей (до 20) площадки обслуживания допускается не сооружать, но при этом обеспечивается возможность замены и ремонта кабелей в условиях эксплуатации (2.3.76).

Вопрос. Чем отделяются кабельные шахты от кабельных туннелей, этажей и других кабельных сооружений?

Ответ. Отделяются негорючими перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч и оборудуются перекрытиями вверху и внизу (2.3.78).

Прокладка кабелей в земле

Вопрос. Как выбирается глубина заложения кабелей от планировочной отметки?

Ответ. Выбирается не менее: для кабелей напряжением до 20 кВ – 0,7 м; 35 кВ – 1 м; при пересечении улиц и площадей независимого от напряжения – 1 м. Глубина заложения кабелей напряжением 1–35 кВ – не более 1,6 м.

Маслонаполненные КЛ напряжением 110–500 кВ закладываются на глубину не менее 1,5 м.

Допускается уменьшение глубины заложения до 0,5 м на участках длиной до 5 м при вводе кабелей в здания, а также в местах пересечения их с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений (например, прокладка в трубах).

Прокладка кабелей напряжением 6–10 кВ по пахотным землям производится на глубине не менее 1 м, при этом полоса земли над трассой может быть занята под посевы (2.3.79).

Вопрос. Как осуществляется защита кабелей от механических повреждений при их прокладке непосредственно в земле?

Ответ. Кабели на всем протяжении защищаются путем покрытия:

при напряжении 35 кВ и выше – бетонными плитами толщиной не менее 50 мм;

при напряжении ниже 35 кВ – плитами или глиняным обыкновенном кирпичом в один слой поперек трассы кабелей. Применение силикатного, а также пустотелого или дырчатого кирпича не допускается.

При прокладке на глубине более 1 м кабели напряжением 20 кВ и ниже (кроме рабочих городских электросетей) допускается не защищать от механических повреждений.

Для кабелей напряжением до 10 кВ допускается вместо механической защиты плитами или кирпичом использовать предупредительную сигнальную ленту. При этом сигнальная лента укладывается над кабелями после их засыпки замлей сплошным слоем толщиной не менее 300 мм с продольным перекрытием концов не менее 100 мм и выступом за крайние кабели не менее 70 мм (2.3.80).

Вопрос. Каким принимается расстояние по горизонтали в свету между кабелями при их параллельной прокладке?

Ответ. Принимается не менее:

100 мм – между силовыми кабелями напряжением до 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;

250 мм – между кабелями напряжением 20–35 кВ между ними и другими кабелями;

500 мм – между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями;

500 мм – между силовыми кабелями и кабелями связи;

500 мм – между маслонаполненными кабелями 110–500 кВ и другими кабелями; при этом маслонаполненные КЛ низкого давления отделяются одна от другой и от других кабелей железобетонными плитами, поставленными на ребро; кроме того, производится расчет электромагнитного влияния на кабели связи.

Расстояние между контрольными кабелями не нормируется (2.3.82).

Вопрос. Каким должно быть расстояние по горизонтали в свету при параллельной прокладке кабелей от кабелей до трубопроводов, водопровода, канализации, дренажа газопроводов низкого, среднего и высокого давления (до 0,6 МПа)?

Ответ. Должно быть не менее 1 м, а до газопроводов высокого давления (более 0,6 МПа) – не менее 2 м; до магистральных трубопроводов – не менее 10 м.

В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний для кабелей напряжением 35 кВ, за исключением расстояний до трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м без специальной защиты кабелей на участке длиной не более 10 м и до 0,25 м при прокладке кабелей в трубах.

Параллельная прокладка кабелей над и под трубопроводами не допускается (2.3.84).

Вопрос. Каким должно быть расстояние от кабеля до трамвайных путей при их параллельной прокладке?

Ответ. Расстояние от кабеля до оси ближнего трамвайного рельса принимается не менее 2,75 м.

Вопрос. Как прокладываются кабели параллельно с автомобильными дорогами?

Ответ. Кабели прокладываются с внешней стороны кювета или подошвы насыпи на расстоянии не менее 1 м от бровки или не менее 1,5 м от бордюрного камня (2.3.88).

Вопрос. Каким принимается расстояние в свету от кабеля до заземленных частей и заземлителей опор ВЛ напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Принимается не менее 5 м при напряжении до 35 кВ, 10 м – при напряжении 110 кВ и выше. В стесненных условиях расстояние от кабеля до подземных частей и заземлителей отдельных опор ВЛ напряжением выше 1 кВ допускается уменьшать до 2 м, при этом расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через ближний провод ВЛ, не нормируется.

Расстояние в свету от кабелей до опоры ВЛ напряжением до 1 кВ принимается не менее 1 м, а при прокладке кабеля на участке сближения в изолирующей трубе – 0,5 м (2.3.89).

Вопрос. Как разделяются кабели при их пересечении с другими кабелями?

Ответ. Разделяются слоем земли толщиной не менее 0,5 м. Допускается в стесненных условиях уменьшение этого расстояния для кабелей напряжением 35 кВ и ниже до 0,15 м при условии разделения кабелей на всем участке пересечения плюс по 1 м в каждую сторону плитами или трубами из бетона или другого равнопрочного материала (2.3.90).

Вопрос. Как прокладываются кабели при их пересечении с железными и автомобильными дорогами?

Ответ. Прокладываются в туннелях, блоках или трубах по всей ширине зоны отчуждения на глубине не менее 1 м от полотна дороги и не менее 0,5 м от дна водоотводных канав. При отсутствии зоны отчуждения такая прокладка выполняется только на участке пересечения плюс по 2 м по обе стороны от полотна дороги (2.3.93)

Вопрос. Как прокладываются кабели при пересечении трамвайных путей?

Ответ. Прокладываются в изолирующих блоках или трубах. Пересечение выполняется на расстоянии не менее 3 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей (2.3.94).

Вопрос. Как производится прокладка кабелей при пересечении въездов для автотранспорта во дворы, гаражи и т. д.?

Ответ. Производится в трубах. Таким же способом защищаются кабели в местах пересечения ручьев и канав (2.3.95).

Вопрос. Каким должно быть расстояние в свету при установке на кабелях муфт между корпусом кабельной муфты и ближайшим кабелем?

Ответ. Расстояние выдерживается, как правило, не менее 0,25 м. Допускается уменьшать эти расстояния при условии установки между муфтой и кабелем асбоцементной или т. п. перегородки (2.3.96).

Вопрос. Что необходимо делать с трассой кабелей при наличии на ней блуждающих токов опасных значений?

Ответ. Необходимо изменить трассу линии с тем, чтобы обойти опасные зоны. При невозможности изменить трассу применяются кабели с повышенной стойкостью к воздействию коррозии или осуществляется активная защита кабелей от воздействия электрокоррозии.

При прокладке кабелей в агрессивных грунтах и зонах с наличием блуждающих токов опасных значений применяется катодная поляризация (установка электродренажей, протекторов, катодная защита) (2.3.97).

Прокладка кабелей в кабельных блоках, трубах и железобетонных лотках

Вопрос. Какой материал труб рекомендуется применять при прокладке кабелей в трубах?

Ответ. Рекомендуется применять стальные, чугунные, асбоцементные, бетонные, керамические, полиэтиленовые и т. п. трубы. При выборе материала для кабельных блоков и труб учитывается уровень грунтовых вод и их агрессивность, а также наличие блуждающих токов.

Одножильные кабели в сетях переменного тока прокладываются в трубах и блоках из немагнитного материала (2.3.98).

Вопрос. Какой процент резервных каналов предусматривается при проектировании в каждом кабельном блоке?

Ответ. Предусматривается до 15 % резервных каналов (2.3.100).

Вопрос. Какой уклон предусматривается для кабельных блоков?

Ответ. Предусматривается уклон не менее 0,2 % (2.3.102).

Вопрос. Каким выбирается диаметр труб?

Ответ. Выбирается не менее 1,5 наружных диаметров кабеля, а для кабеля в алюминиевой оболочке – не менее двукратного (2.3.103).

Вопрос. Какие устройства сооружаются в местах, где изменяется направление прокладки блоков, и в местах перехода кабелей из кабельных блоков в землю?

Ответ. Сооружаются кабельные колодцы, обеспечивающие протяжку кабелей и удаление их из блоков. Такие колодцы сооружаются также и на прямолинейных участках трассы на расстоянии один от другого, определяемом значением предельно допустимого усилия тяжения кабелей. При числе кабелей до 10 и напряжении не выше 110 кВ переход кабелей из блоков в землю допускается осуществлять без кабельных колодцев. При этом отверстия концов труб заделываются водонепроницаемым материалом (2.3.104).

Вопрос. Как осуществляется ввод кабелей из блоков и труб в здания и сооружения?

Ответ. Осуществляется одним из следующих способов: непосредственным вводом в них блоков и труб, сооружением колодцев или приямков внутри зданий либо камер у их наружных стен (2.3.105).

Вопрос. На каких приспособлениях укладываются железобетонные лотки?

Ответ. Укладываются на специальных бетонных подкладках с уклоном не менее 0,2 % по спланированной трассе таким образом, чтобы не препятствовать стоку ливневых вод. При наличии в днищах надземных железобетонных лотков проемов, обеспечивающих выпуск ливневых вод, создавать уклон не требуется (2.3.107).

Прокладка кабелей в кабельных сооружениях

Вопрос. Какими устройствами отделяются кабельные этажи, туннели, галереи, эстакады и шахты от других помещений и соседних кабельных сооружений?

Ответ. Отделяются негорючими перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,76 ч. Такими же перегородками протяженные туннели разделяются на отсеки длиной не более 150 м при наличии кабелей напряжением до 35 кВ и не более 100 м при наличии кабелей напряжением 110 кВ и выше. Площадь каждого отсека двойного пола – не более 600 м^2 (2.3.109).

Вопрос. Как располагаются выходы из кабельных сооружений?

Ответ. Располагаются наружу или в помещения с производством категорий Г и Д. Количество и расположение выходов из кабельных сооружений определяется исходя из местных условий, но не менее двух. При длине кабельного сооружения не более 25 м допускается иметь один выход (2.3.109).

Вопрос. Какие требования предъявляются к дверям кабельных сооружений?

Ответ. Двери предусматриваются самозакрывающимися с уплотненными притворами. Выходные двери из кабельных сооружений открываются наружу и снабжаются замками, отпираемыми из кабельных сооружений без ключа, а двери между отсеками открываются по направлению ближайшего выхода и оборудуются устройствами, поддерживающими их в закрытом положении (2.3.109).

Вопрос. Какие входы предусматриваются в случае сооружения проходных кабельных эстакад с мостиками обслуживания?

Ответ. Предусматриваются входы с лестницами. Расстояние между входами обеспечивается не более 150 м, расстояние от торца эстакады до входа в нее – не более 25 м (2.3.109).

Вопрос. Какими перегородками делятся на отсеки кабельные галереи?

Ответ. Делятся негорючими противопожарными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Длина отсеков галерей – не более 150 м при прокладке в них кабелей на напряжение до 35 кВ и не более 120 м при прокладке кабелей на напряжение 110 кВ и выше (2.3.109).

Вопрос. Какие мероприятия выполняются в туннелях и кабельных колодцах по предотвращению попадания в них технологических вод и масла, а также для обеспечения отвода почвенных и ливневых вод?

Ответ. В полах предусматривается уклон не менее 0,5 % в сторону водосборников или ливневой канализации. Проход из одного отсека туннеля в другой при их расположении на разных уровнях осуществляется с помощью пандуса с углом подъема не выше 15°. Устройство ступеней между отсеками туннелей не допускается.

Допускается устройство ступеней в пределах отсека туннеля при расположении участков пола этого отсека на разных уровнях. Уклон лестницы обеспечивается 1:1. Это указание распространяется и на проходные кабельные эстакады (2.3.110).

Вопрос. Чем перекрываются кабельные каналы и двойные полы в РУ и помещениях?

Ответ. Перекрываются съемными негорючими плитами. В электромашинных и т. п. помещениях каналы рекомендуется перекрывать рифленой сталью, а в помещениях щитов управления с паркетными полами – деревянными щитами с паркетом, защищенными снизу асбестом и по асбесту жестью (2.3.111).

Вопрос. На каких участках кабельной трассы не допускается сооружение кабельных каналов?

Ответ. Не допускается на участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости с высокой температурой или же вещества, разрушающе действующие на металлические оболочки кабелей. На указанных участках не допускается также устройство люков в коллекторах и туннелях (2.3.113).

Вопрос. Каким слоем земли засыпаются подземные туннели вне зданий?

Ответ. Засыпаются поверх перекрытия слоем земли толщиной не менее 0,5 м. На огражденных территориях засыпка туннелей землей не требуется (2.3.114).

Вопрос. Какой температурой ограничивается дополнительный нагрев воздуха при совместной прокладке кабелей и теплопроводов в сооружениях?

Ответ. Ограничивается температурой 5 °С, для чего предусматриваются вентиляция и теплоизоляция на трубах (2.3.115).

Вопрос. Каковы требования настоящих Правил по размещению кабелей в сооружениях?

Ответ. Размещение кабелей в сооружениях производится в соответствии со следующими требованиями:

контрольные кабели и кабели связи размещаются только над силовыми кабелями; при этом они отделяются огнезащитной перегородкой. В местах пересечения и ответвления допускается прокладка контрольных кабелей и кабелей связи над и под силовыми кабелями;

контрольные кабели допускается прокладывать рядом с силовыми кабелями напряжением до 1 кВ;

силовые кабели напряжением до 1 кВ прокладываются под или над кабелями напряжением выше 1 кВ; при этом их следует отделять огнезащитной перегородкой;

различные группы кабелей (рабочие и резервные кабели напряжением выше 1 кВ, питающие электроприемники 1-й категории) прокладываются на разных горизонтальных уровнях и разделяются огнезащитными перегородками; разделительные огнезащитные перегородки выбираются с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч (2.3.116).

Вопрос. Как прокладываются и располагаются взаимно резервирующие силовые кабели?

Ответ. Прокладываются с расстоянием между ними не менее 600 мм и располагаются:

на эстакадах – по обе стороны несущей конструкции (балки, фермы);

в галереях – по разным сторонам от прохода.

Взаимно резервирующие кабели электроприемников 1 категории прокладываются по разным трассам, разделенным в противопожарном отношении (2.3.116).

Вопрос. Как прокладываются маслонаполненные кабели?

Ответ. Прокладываются, как правило, в отдельных кабельных сооружениях. Допускается их прокладка совместно с другими кабелями; при этом маслонаполненные кабели размещаются в нижней части кабельного сооружения и отделяются от других кабелей горизонтальными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такие же перегородки отделяют одну от другой маслонаполненные КЛ (2.3.117).

Вопрос. По каким конструкциям выполняется прокладка контрольных бронированных кабелей и силовых кабелей сечением 25 мм² и более (за исключением небронированных кабелей со свинцовой оболочкой)?

Ответ. Выполняется по кабельным конструкциям (консолям). Контрольные небронированные кабели, силовые небронированные кабели

со свинцовой оболочкой и небронированные силовые кабели сечением 16 мм² и менее прокладываются по лоткам или перегородкам (сплошным или перфорированным) (2.3.119).

Вопрос. Как определяются размеры кабельных сооружений?

Ответ. Определяются в соответствии с табл. 2.3.1 настоящей главы Правил.

Вопрос. Как прокладываются контрольные кабели?

Ответ. Прокладываются, как правило, на лотках и в коробах пучками и многослойно при соблюдении следующих условий:

диаметр (высота или ширина) пучка кабелей не более 100 м;

высота слоев в одном коробе не выше 150 мм;

в пучках и многослойно прокладываются только кабели с однотипными оболочками (металлическими или неметаллическими с гладкими поверхностями);

крепление кабелей в пучках, многослойно в коробах, пучков кабелей к лоткам выполняется так, чтобы была предотвращена деформация оболочек кабелей под действием собственного веса и устройств крепления;

внутри коробов устанавливаются огнепреградительные пояса: на вертикальных участках – не более 20 м, на горизонтальных участках – на расстоянии не более 30 м, а также в местах разветвления коробов и проходе через стены, перегородки и перекрытия. Огнепреградительные пояса выполняются по всему сечению короба в виде кабельного прохода с плотным прилеганием заделочного материала к стенкам короба и кабеля с обеспечением предела огнестойкости не менее 0,75 ч. При пересечении коробами стен, перекрытий и перегородок с нормированной огнестойкостью 1,5 ч и более огнепреградительные пояса также выбираются с пределом огнестойкости не менее 1,5 ч;

в каждом направлении кабельной трассы предусматривается запас емкости не менее 15 % общей емкости коробов, лотков и конструкций.

Прокладка силовых кабелей пучками и многослойно не допускается (2.3.121).

Вопрос. Каким образом выполняются конструкция и узлы крепления однофазных кабелей и разветвлений?

Ответ. Выполняются таким образом, чтобы была исключена возможность образования вокруг кабелей замкнутых магнитных контуров; расстояния между местами крепления обеспечивается не более 1 м (2.3.122).

Вопрос. Каковы требования Правил к выбору и устройству люков кабельных колодцев и туннелей?

Ответ. Выбираются диаметром не менее 750 мм и закрываются двойными металлическими крышками, из которых нижняя снабжается приспособлением для запирания на замок, открываемый со стороны туннеля без ключа. Крышки снабжаются приспособлениями для их снятия. Внутри помещений применение второй крышки не требуется (2.3.124).

Вопрос. Какой принимается температура окружающего воздуха в кабельных сооружениях, над которыми размещаются концевые муфты маслонаполненных КЛ высокого давления?

Ответ. Принимается не ниже +5 °С (2.3.126).

Вопрос. Какой вентиляцией обеспечиваются кабельные сооружения, за исключением эстакад, колодцев для соединительных муфт, каналов и камер?

Ответ. Обеспечиваются естественной или искусственной вентиляцией, причем вентиляция каждого отсека выполняется независимой.

Расчет вентиляции кабельных сооружений выполняется из расчета: температура воздуха в кабельных сооружениях – согласно условиям эксплуатации кабелей, а перепад температур между поступающим и удаляемым воздухом – не более 10 °С (2.3.128).

Вопрос. Каким выдерживается расстояние в свету между кабелями и трубопроводами?

Ответ. Выдерживается не менее 0,5 м, а между трубами (коробами) с кабелями и трубопроводами – не менее 0,1 м (2.3.129).

Вопрос. На каком расстоянии по высоте в свету от уровня земли или дороги размещаются кабельные эстакады и галереи, а также кабели на территории предприятий?

Ответ. Размещаются от уровня земли или дороги не менее 5 м над проезжей частью и 2,5 м над непроезжей частью (2.3.129).

Прокладка кабелей в производственных помещениях

Вопрос. Какие указания выполняются при прокладке кабелей в производственных помещениях?

Ответ. Выполняются следующие указания:

обеспечивается доступ к кабелям для ремонта, а при открытой прокладке – для осмотра;

расстояния в свету между кабелями выбирается в соответствии с табл. 2.3.1 Правил;

расстояние между параллельно проложенными силовыми кабелями и всякого рода трубопроводами, как правило, выбирается не менее 0,5 м, а между газопроводами и трубопроводами с горючими жидкостями – не менее 1 м. При меньших расстояниях сближения и при пересечениях кабели защищаются от механических повреждений (металлическими трубами, оболочками и т. п.) на всем участке сближения плюс по 0,5 м с каждой стороны, а в необходимых случаях защищаются от перегрева;

Пересечения кабелями проходов выполняется на высоте не менее 1,8 м от пола.

Параллельная прокладка кабелей над и под маслопроводами и трубопроводами с горючей жидкостью в вертикальной плоскости не допускается (2.3.130).

Вопрос. Как производится прокладка кабелей в полу и междуэтажных перекрытиях?

Ответ. Производится в каналах или трубах; заделка в них кабелей наглухо не допускается.

Прокладка кабелей в вентиляционных каналах не допускается. Допускается пересечение этих каналов одиночными кабелями, заключенными в стальные трубы.

Открытая прокладка кабеля по лестничным клеткам не допускается (2.3.131).

Подводная прокладка кабелей

Вопрос. На каких участках прокладываются кабели при пересечении кабелями рек, каналов и т. п.?

Ответ. Прокладываются преимущественно на участках с дном и берегами, мало подверженными размыванию. При прокладке кабелей через реки с неустойчивым руслом и берегами, подверженными размыванию, заглубление кабелей в дно выполняется с учетом местных условий. Глубина заложения кабелей определяется проектом. Прокладка кабелей в зоне пристаней, причалов, гаваней, паромных переправ, а также зимних регулярных стоянок судов и барж не рекомендуется (2.3.132).

Вопрос. Каким образом производится прокладка кабелей по дну?

Ответ. Производится таким образом, чтобы в неровных местах они не оказались на весу; острые выступы дна устраняются. Отмели, каменные гряды и другие подводные препятствия на трассе огибаются или в них предусматриваются траншеи или проходы (2.3.134).

Вопрос. Каким рекомендуется принимать расстояние между кабелями, заглубляемыми в дно рек, каналов и т. п. с шириной водоема до 100 м?

Ответ. Рекомендуется принимать не менее 0,25 м. Вновь сооружаемые подводные КЛ прокладываются на расстоянии от действующих КЛ не менее 1,25 глубины водоема, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды.

При прокладке в воде кабелей низкого давления на глубине 5–15 м при скорости течения, не превышающей 1 м/с, расстояния между отдельными фазами (без специальных креплений фаз между собой) рекомендуется принимать не менее 0,5 м, а расстояния между крайними кабелями параллельных линий – не менее 5 м.

При параллельной прокладке под водой маслонаполненных КЛ и кабелей напряжением до 35 кВ расстояние по горизонтали между ними в свету обеспечивается не менее 1,25 глубины, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды, но не менее 20 м (2.3.136).

Вопрос. Какой резерв по длине предусматривается на берегах без усовершенствованных набережных в местах подводного кабельного перехода?

Ответ. Предусматривается резерв не менее 10 м при речной и 30 м при морской прокладке, который укладывается восьмеркой. На усовершенствованных набережных кабели прокладываются в трубах. В местах выхода кабелей, как правило, устраиваются кабельные колодцы (2.3.137).

Вопрос. Допускается ли пересечение кабелей между собой под водой?

Ответ. Под водой пересечение кабелей между собой не допускается (2.3.139).

Вопрос. Какой резерв кабелей предусматривается при прокладке в воде трех и более кабелей напряжением до 35 кВ?

Ответ. Предусматривается один резервный кабель на каждые три рабочих. При прокладке в воде маслонаполненных КЛ из однофазных кабелей предусматривается резерв: для одной линии – одна фаза, для двух линий –

две фазы, для трех и более – по проекту, но не менее двух фаз. Резервные фазы прокладываются таким образом, чтобы они могли быть использованы взамен любой из действующих рабочих фаз (2.3.141).

Прокладка кабелей по специальным конструкциям

Вопрос. В каком виде выполняется прокладка кабелей по каменным, железобетонным и металлическим мостам?

Ответ. Выполняется под пешеходной частью моста в каналах или в отдельных для каждого кабеля негорючих трубах; предусматриваются меры по предотвращению стока ливневых вод по этим трубам. По металлическим и железобетонным мостам и при подходе к ним кабели рекомендуется прокладывать в асбоцементных трубах. В местах перехода с конструкции моста в грунт кабели рекомендуется прокладывать также в асбоцементных трубах (2.3.142).

Вопрос. Как выполняется прокладка кабелей по деревянным сооружениям (мостам, причалам, пирсам и т. п.)?

Ответ. Выполняется в стальных трубах.

Вопрос. При каких условиях допускается прокладка кабелей по плотинам, дамбам, пирсам и причалам непосредственно в земляной траншее?

Ответ. Допускается при толщине земли не менее 1 м (2.3.145).

Вопрос. Допускается ли прокладка маслонаполненных кабелей по мостам?

Ответ. Прокладка маслонаполненных кабелей по мостам не допускается (2.3.146).

Прокладка кабелей в сейсмически активных районах

Вопрос. Допускается ли прокладка кабелей в грунте в трубах и блоках?

Ответ. Такая прокладка не допускается (2.3.147).

Вопрос. Как рекомендуется прокладывать кабели в грунтах в районах с сейсмичностью 7 баллов и более?

Ответ. Рекомендуется выполнять прокладку змейкой, предусматривая запас кабеля по длине не менее 3 % от общей длины траншеи. Для прокладки в грунте применяются кабели с проволочной броней. Допускается применение кабелей с ленточной броней при прокладке в железобетонных лотках, соединенных между собой по длине посредством сварки и т. п. (2.3.148).

Вопрос. Какие кабельные конструкции применяются для прокладки кабелей по конструкциям, стенам и перекрытиям?

Ответ. Применяются кабельные конструкции в сейсмостойком исполнении. Предусматриваются меры по предотвращению возникновения в кабелях опасных растягивающих усилий и механических напряжений в местах крепления, для чего предусматривается запас кабеля по длине в местах возможного перемещения отдельных элементов конструкций сооружения.

В обоснованных случаях применяются кабели с проволочной броней (2.3.149).

Прокладка кабельных линий на опорах

Вопрос. На какие КЛ распространяются указания данного раздела Правил?

Ответ. Распространяются на КЛ напряжением 0,4–35 кВ, прокладываемые на металлических, железобетонных и деревянных опорах с применением несущего троса и специальной арматуры (2.3.151).

Вопрос. Какие условия выполняются при прокладке кабелей?

Ответ. Выполняются следующие условия:

кабели должны быть доступны для осмотра и ремонта;

кабели должны быть защищены от повреждений в соответствии с указаниями настоящей главы Правил (2.3.152).

Вопрос. Какие кабели применяются для прокладки на опорах?

Ответ. Применяются кабели с резиновой, поливинилхлоридной или полиэтиленовой изоляцией. Прокладка на опорах силовых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией не допускается.

Вопрос. В каких местах КЛ выполняется заземление металлических оболочек и экранов кабелей напряжением 3–35 кВ?

Ответ. Выполняется в начале и конце КЛ, а также не реже чем через 1 км по длине (2.3.155).

Вопрос. В каких местах КЛ следует выполнять заземление несущего троса и металлических элементов его подвески?

Ответ. Следует выполнять в начале и конце КЛ, в местах перехода в другие виды прокладки (подземная прокладка, прокладка в кабельном сооружении, подводная прокладка) и при переходе в ВЛ (2.3.156).

Вопрос. Каким принимается расстояние по вертикали от кабелей до поверхности земли в населенной и ненаселенной местности и в проезжей части улиц?

Ответ. Принимается не менее 5 м (2.3.158).

Вопрос. При каком условии допускается совместная прокладка кабелей на опорах с ВЛИ?

Ответ. При условии, что расстояние между кабелями напряжением 3–35 кВ и ВЛИ принимается не менее 1 м, при этом кабели должны располагаться выше проводов ВЛИ. Расстояние в свету между кабелями напряжением до 1 кВ и ВЛИ принимается не менее 0,3 м (2.3.159).

Вопрос. Как выполняется соединение несущего троса, установка соединительных, ответвительных и концевых муфт?

Ответ. Выполняется, как правило, на специальных полках опор. Допускается соединение несущего троса и установка соединительных муфт в пролете, при этом количество соединительных муфт не должно превышать двух (2.3.160).

Глава 2.4. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ до 1 кВ

Область применения

Вопрос. На какие ВЛ распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на ВЛ переменного тока напряжением до 1 кВ, выполняемые с применением изолированных (ВЛИ) или неизолированных проводов (2.4.1).

Общие требования

Вопрос. Какие режимы (состояния) ВЛ предусматриваются при расчетах механической части?

Ответ. Предусматриваются следующие режимы:

нормальный режим – режим при необорванных проводах;

аварийный режим – режим при оборванных проводах;

монтажный режим – режим в условиях монтажа опор и проводов.

Механический расчет ВЛ напряжением до 1 кВ в аварийном режиме не производится (2.4.4).

Вопрос. Каковы требования Правил к размещению ВЛ?

Ответ. ВЛ должны размещаться так, чтобы опоры не загораживали входы в здания и въезды во дворы и не затрудняли движения транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда транспорта (у въездов во дворы, вблизи съездов с дорог, при пересечении дорог), опоры должны быть защищены от наезда (например, отбойными тумбами) (2.4.6).

Вопрос. Какой должна быть маркировка опор ВЛ?

Ответ. На опорах ВЛ на высоте не менее 2 м от земли через 250 м на магистрали ВЛ должны быть установлены (нанесены):

порядковый номер опоры;

плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до КЛ связи (на опорах, установленных на расстоянии менее 4 м до кабелей связи), ширина охранной зоны и телефон владельца ВЛ (2.4.7).

Вопрос. Что необходимо соблюдать при прохождении ВЛИ по лесным массивам и зеленым насаждениям?

Ответ. Вырубка просек при этом не требуется, а расстояние от проводов до деревьев и кустов при наибольшей стреле провеса СИП и наибольшем их отклонении должно быть не менее 0,3 м.

Расстояние от изолированных проводов до зеленых насаждений должно быть не менее 0,5 м (2.4.8).

Провода. Линейная арматура

Вопрос. Какие провода должны применяться на ВЛ?

Ответ. Должны применяться, как правило, самонесущие изолированные провода (СИП).

СИП должен относиться к категории защищенных, иметь изоляцию из трудногораемого светостабилизированного синтетического материала, стойкого к ультрафиолетовому излучению и воздействию озона (2.4.13).

Вопрос. Каковы минимально допустимые сечения изолированных и неизолированных проводов по условиям механической прочности?

Ответ. Минимально допустимые сечения проводов нормированы в табл. 2.4.1, 2.4.2 настоящей главы Правил.

Вопрос. Как следует производить крепление, соединение СИП и присоединение к СИП?

Ответ. Следует производить следующим образом:

крепление провода магистрали ВЛИ на промежуточных и угловых промежуточных опорах – с помощью поддерживающих зажимов;

крепление провода магистрали ВЛИ на опорах анкерного типа, а также концевое крепление проводов ответвления на опоре ВЛИ и на вводе – с помощью натяжных зажимов;

соединение проводов ВЛИ в пролете – с помощью специальных соединительных зажимов; в петлях опор анкерного типа допускается соединение неизолированного несущего провода с помощью плошечного зажима. Соединительные зажимы, предназначенные для соединения несущего провода в пролете, должны иметь механическую прочность не менее 90 % разрывного усилия провода;

соединение фазных проводов магистрали ВЛИ – с помощью соединительных зажимов, имеющих изолирующее покрытие или защитную изолирующую оболочку;

соединение проводов в пролете ответвления к вводу не допускается;

соединение заземляющих проводников – с помощью плашечных зажимов.

Ответвительные зажимы следует применять в случаях:

ответвления от фазных жил, за исключением СИП со всеми несущими проводниками жгута;

ответвления от несущей жилы (2.4.21).

Вопрос. Как следует производить соединения проводов в пролетах ВЛ?

Ответ. Следует производить при помощи соединительных зажимов, обеспечивающих механическую прочность не менее 90 % разрывного усилия провода.

В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на каждый провод.

В пролетах пересечения ВЛ с инженерными сооружениями соединение проводов ВЛ не допускается.

Провода разных марок или сечений должны соединяться только в петлях анкерных опор (2.4.24).

Расположение проводов на опорах

Вопрос. Какое расположение изолированных и неизолированных проводов допускается на опорах?

Ответ. Допускается любое расположение проводов независимо от района климатических условий. Нулевой провод ВЛ с неизолированными проводами, как правило, следует располагать ниже фазных проводов. Неизолированные и изолированные провода наружного освещения, прокладываемые на опорах ВЛ, должны располагаться, как правило, над *PEN* (*PE*) проводником ВЛ (2.4.27).

Вопрос. На какой высоте размещаются устанавливаемые на опорах аппараты для подключения электроприемников?

Ответ. Должны размещаться на высоте не менее 1,6 м от поверхности земли (2.4.28).

Вопрос. Какими должны быть расстояния между неизолированными проводами на опоре и в пролете по условиям их сближения в пролете?

Ответ. При наибольшей стреле провеса до 1,2 м должны быть не менее:

при вертикальном расположении проводов и расположении проводов с горизонтальным смещением не более 20 см: 40 см в I, II и III районах по гололеду, 60 см в IV и особом районах по гололеду;

при других расположениях проводов во всех районах по гололеду при скорости ветра при гололеде: до 18 м/с – 40 см, более 18 м/с – 60 см.

При наибольшей стреле провеса более 1,2 м указанные расстояния должны быть увеличены пропорционально отношению наибольшей стрелы провеса к стреле провеса, равной 1,2 м (2.4.29).

Вопрос. Каким должно быть расстояние по вертикали между изолированными и неизолированными проводам ВЛ разных фаз на опоре при ответвлении от ВЛ и при пересечениях разных ВЛ на общей опоре?

Ответ. Должно быть не менее 10 см. Расстояние от проводов ВЛ до любых элементов опоры должно быть не менее 5 см (2.4.30).

Вопрос. Каким должно быть расстояние по вертикали между ближайшими проводами ВЛ разных напряжений на общей опоре, а также в середине пролета?

Ответ. При температуре окружающего воздуха плюс 15 °С без ветра при совместной подвеске на общих опорах проводов ВЛ напряжением до 1 кВ и проводов ВЛ напряжением до 20 кВ должно быть не менее:

1,0 м – при подвеске СИП с изолированным несущим и со всеми несущими проводами;

1,75 м – при подвеске СИП с неизолированным несущим проводом;

2,0 м – при подвеске неизолированных и изолированных проводов ВЛ напряжением до 1 кВ (2.4.33).

Изоляция

Вопрос. Как крепится СИП к опорам?

Ответ. Крепится без применения изоляторов (2.4.35).

Вопрос. Какие приспособления следует применять на ВЛ с неизолированными и изолированными проводами?

Ответ. Независимо от материала опор, степени загрязнения атмосферы и интенсивности грозовой деятельности следует применять изоляторы либо траверсы из изоляционных материалов (2.4.36).

Вопрос. Какие изоляторы следует применять на опорах ответвлений от ВЛ с неизолированными и изолированными проводами?

Ответ. Следует, как правило, применять многошейковые или дополнительные изоляторы (2.4.37).

Заземление. Защита от перенапряжений

Вопрос. Какие заземляющие устройства должны быть выполнены на опорах ВЛ?

Ответ. Должны быть выполнены заземляющие устройства, предназначенные для повторного заземления, защиты от грозовых перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛ. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 30 Ом (2.4.38).

Вопрос. К чему должны быть присоединены металлические опоры, металлические конструкции и арматура железобетонных элементов опор?

Ответ. Должны быть присоединены к *PEN*-проводнику (2.4.39).

Вопрос. К чему следует присоединять *PEN*-проводник на железобетонных опорах?

Ответ. Следует присоединять к арматуре железобетонных стоек и подкосов опор (2.4.40).

Вопрос. Подлежат ли заземлению крюки и штыри деревянных опор ВЛ, а также металлических и железобетонных опор при подвеске на них СИП с изолированным несущим проводником или со всеми несущими проводниками жгута?

Ответ. Все они заземлению не подлежат, за исключением крюков и штырей на опорах, где выполнены повторные заземления и заземления для защиты от атмосферных перенапряжений (2.4.41).

Вопрос. Подлежат ли заземлению крюки, штыри и арматура опор ВЛ напряжением до 1 кВ, ограничивающих пролет пересечения, а также опор, на которых производится совместная подвеска?

Ответ. Все они должны быть заземлены (2.4.42).

Вопрос. К чему должен быть присоединен заземляющий проводник на деревянных опорах ВЛ при переходе в КЛ?

Ответ. Должен быть присоединен к *PEN*-проводнику ВЛ и к металлической оболочке кабеля (2.4.43).

Вопрос. Каким способом должны быть присоединены к заземлителю защитные аппараты, устанавливаемые на опорах ВЛ для защиты от грозовых перенапряжений?

Ответ. Должны быть присоединены отдельным спуском (2.4.44).

Вопрос. Какие заземляющие устройства должны иметься на ВЛ в населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой?

Ответ. Должны иметься заземляющие устройства, предназначенные для защиты от атмосферных перенапряжений. Также должны быть выполнены заземляющие устройства:

на опорах с ответвлениями к вводам в здания, в которых может быть сосредоточено большое количество людей (школы, ясли, больницы) или

которые представляют большую материальную ценность (животноводческие и птицеводческие помещения, склады);

на концевых опорах линий, имеющих ответвления к вводам, при этом наибольшие расстояния от соседнего заземления этих же линий должно быть не более 100 м для районов с числом грозовых часов в году до 40 и 50 м – для районов с числом грозовых часов в году более 40 (2.4.46).

Вопрос. Можно ли совмещать заземляющие устройства защиты от грозовых перенапряжений с повторным заземлением *PEN*-проводника?

Ответ. Такое совмещение рекомендуется настоящими Правилами (2.4.47).

Вопрос. К чему должны быть присоединены оттяжки опор ВЛ?

Ответ. Должны быть присоединены к заземляющему проводнику (2.4.49).

Опоры

Вопрос. Какие типы опор следует применять для ВЛ?

Ответ. Следует применять следующие типы опор (могут быть выполнены из различных материалов):

промежуточные, устанавливаемые на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ;

анкерные, устанавливаемые для ограничения анкерного пролета, а также в местах изменения числа, марок и сечений проводов ВЛ. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности тяжения проводов, направленные вдоль ВЛ;

угловые, устанавливаемые в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать результирующую нагрузку от тяжения проводов смежных пролетов. Угловые опоры могут быть промежуточными и анкерного типа;

концевые, устанавливаемые в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее тяжение всех проводов.

Опоры, на которых выполняются ответвления от ВЛ, называются *ответвительными*; опоры, на которых выполняется пересечение ВЛ разных направлений или пересечение ВЛ с инженерными сооружениями, называются *перекрестными*. Эти опоры могут быть всех указанных типов (2.4.50)

Вопрос. Возможность установки каких аппаратов должны обеспечивать конструкции опор?

Ответ. Должны обеспечивать возможность установки:

светильников уличного освещения всех типов;

концевых кабельных муфт;

защитных аппаратов;

секционирующих и коммутационных аппаратов;

шкафов и щитков для подключения электроприемников (2.4.51).

Вопрос. Какими могут быть опоры (по исполнению) независимо от их типа?

Ответ. Могут быть свободностоящими, с подкосами или оттяжками.

Оттяжки опор могут прикрепляться к анкерам, установленным в земле, или к каменным, кирпичным, железобетонным и металлическим элементам зданий и сооружений. Сечение оттяжек определяется расчетом; оно должно быть не менее 25 мм² (2.4.52).

Вопрос. На какие нагрузки должны быть рассчитаны промежуточные опоры?

Ответ. Должны быть рассчитаны на следующие сочетания нагрузок:

одновременное воздействие поперечной ветровой нагрузки на провода, свободные или покрытые гололедом, и на конструкцию опоры, а также нагрузки от тяжения проводов ответвлений к вводам, свободных от гололеда или частично покрытых гололедом;

на нагрузку от тяжения проводов ответвлений к вводам, покрытых гололедом, при этом допускается учет отклонения опоры под действием нагрузки;

на условную расчетную нагрузку, равную 1,5 кН, приложенную к вершине опоры и направленную вдоль оси ВЛ (2.4.53).

Вопрос. На какую нагрузку должны быть рассчитаны угловые опоры (промежуточные и анкерные)?

Ответ. Должны быть рассчитаны на результирующую нагрузку от тяжения проводов и ветровую нагрузку на провода и конструкцию опоры (2.4.53).

Вопрос. На какую нагрузку должны быть рассчитаны анкерные опоры?

Ответ. Должны быть рассчитаны на разность тяжения проводов смежных пролетов и поперечную нагрузку от давления ветра при гололеде и без гололеда на провода и конструкцию опоры. За наименьшее значение разности тяжения следует принимать 50 % наибольшего значения одностороннего тяжения всех проводов (2.4.53).

Вопрос. На какую нагрузку должны быть рассчитаны концевые и ответвительные опоры?

Ответ. Концевые опоры должны быть рассчитаны на одностороннее тяжение всех проводов. Ответвительные опоры рассчитываются на результирующую нагрузку от тяжения всех проводов (2.4.53).

Габариты, пересечения и сближения

Вопрос. Каким должно быть расстояние по вертикали от проводов ВЛИ до поверхности земли и проезжей части улиц в населенной и ненаселенной местности?

Ответ. Должно быть не менее 5 м. Оно может быть уменьшено в труднодоступной местности до 2,5 м и в недоступной (склоны гор, скалы, утесы) – до 1 м.

При пересечении непроезжей части улиц ответвлениями от ВЛИ к вводам в здания расстояние от СИП до тротуаров пешеходных дорожек допускается уменьшить до 3,5 м.

Расстояние от СИП и изолированных проводов до поверхности земли на ответвлениях к вводам должно быть не менее 2,5 м.

Расстояние от неизолированных проводов до поверхности земли на ответвлениях к вводам должно быть не менее 2,75 м (2.4.55).

Вопрос. Каким должно быть расстояние от проводов ВЛ в населенной и ненаселенной местности при наибольшей стреле провеса проводов до земли и проезжей части улиц?

Ответ. Должно быть не менее 6 м. Расстояние от проводов до земли может быть уменьшено в труднодоступной местности до 3,5 м и в недоступной местности (склоны гор, скалы, утесы) – до 1 м (2.4.56).

Вопрос. Каким должно быть расстояние по горизонтали от СИП при наибольшем их отклонении до элементов зданий и сооружений?

Ответ. Должно быть не менее:

1,0 м – до балконов, террас и окон;

0,2 м – до глухих стен зданий, сооружений (2.4.57).

Вопрос. Каким должно быть расстояние по горизонтали от проводов ВЛ при наибольшем их отклонении до зданий и сооружений?

Ответ. Должно быть не менее:

1,5 м – до балконов, террас и окон;

1,0 м – до глухих стен.

Прохождение ВЛ с неизолированными проводами над зданиями и сооружениями не допускается (2.4.58).

Вопрос. Каким должно быть минимальное расстояние от СИП при прокладке проводов по стенам зданий и сооружениям?

Ответ. Должно быть:

при горизонтальной прокладке:

над окном, входной дверью – 0,3 м;

под балконом, окном, карнизом – 0,5 м;

до земли – 2,5 м;

при вертикальной прокладке:

до окна – 0,5 м;

до балкона, входной двери – 1,0 м.

Расстояние в свету между СИП и стеной здания или сооружением должно быть не менее 0,06 м (2.4.60).

Вопрос. Какими должны быть расстояния по горизонтали от подземных частей опор или заземлителей опор до подземных кабелей, трубопроводов и наземных колонок различного назначения?

Ответ. Должны быть не менее приведенных в табл. 2.4.4 (2.4.61).

Таблица 2.4.4

Наименьшее допустимое расстояние по горизонтали от подземных частей опор или заземляющих устройств опор до подземных кабелей, трубопроводов и наземных колонок

Объект сближения	Расстояние, м
Водо-, паро- и теплопроводы, распределительные газопроводы, канализационные трубы	1
Пожарные гидранты, колодцы, люки канализации, водоразборные колонки	2

Объект сближения	Расстояние, м
Кабели (кроме кабелей связи, сигнализации и проводного вещания, см. также п. 2.4.77 Правил)	1
То же, но при прокладке их в изолирующей трубе	0,5

Вопрос. Как рекомендуется выполнять пересечение ВЛ (ВЛИ) напряжением до 1 кВ между собой?

Ответ. Рекомендуется выполнять на перекрестных опорах; допускается также их пересечение в пролете. Расстояние по вертикали между проводами пересекающихся ВЛ (ВЛИ) должно быть не менее: 0,1 м на опоре, 1 м в пролете (2.4.65).

Вопрос. При каких условиях допускается совместная подвеска проводов ВЛ напряжением до 1 кВ и неизолированных проводов ВЛ до 20 кВ на общих опорах?

Ответ. Допускается при соблюдении следующих условий:

ВЛ напряжением до 1 кВ должны выполняться по расчетным климатическим условиям ВЛ до 20 кВ;

провода ВЛ напряжением до 20 кВ должны располагаться выше проводов ВЛ напряжением до 1 кВ;

провода ВЛ напряжением до 20 кВ, закрепляемые на штыревых изоляторах, должны иметь двойное крепление (2.4.68).

Вопрос. Какие требования должны соблюдаться при подвеске на общих опорах проводов ВЛ напряжением до 1 кВ и защищенных проводов ВЛЗ напряжением 6–20 кВ?

Ответ. Должны соблюдаться следующие требования:

ВЛ напряжением до 1 кВ должны выполняться по расчетным климатическим условиям ВЛ до 20 кВ;

провода ВЛЗ напряжением 6–20 кВ должны располагаться, как правило, выше проводов ВЛ напряжением до 1 кВ;

крепление проводов ВЛЗ напряжением 6–20 кВ на штыревых изоляторах должно выполняться усиленным (2.4.69).

Пересечения, сближения, совместная подвеска ВЛ с линиями связи, проводного вещания и с волоконно-оптическими кабелями

Вопрос. Каким должен быть угол пересечения ВЛ с линиями связи (ЛС) и линиями проводного вещания (ЛПВ)?

Ответ. Должен быть по возможности близок к 90°. Для стесненных условий угол пересечения не нормируется (2.4.71).

Вопрос. Каким должно быть расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов или подвесных кабелей ЛС и ЛПВ в пролете пересечения при наибольшей стреле провеса провода ВЛ?

Ответ. Должно быть:

от СИП и изолированных проводов – не менее 1 м;

от неизолированных проводов – не менее 1,25 м (2.4.72).

Вопрос. Каким должно быть расстояние по вертикали от проводов ВЛ или подвесных кабелей до ЛС или ЛПВ при пересечении на общей опоре?

Ответ. Должно быть:

между СИЛ и ЛС или ЛПВ – не менее 0,5 м;

между неизолированным проводом ВЛ и ЛПВ – не менее 1,5 м (2.4.73).

Вопрос. Как может быть выполнено пересечение ВЛ с ЛС и ЛПВ?

Ответ. Может быть выполнено по одному из следующих вариантов:

проводами ВЛ и изолированными проводами ЛС и ЛПВ;

проводами ВЛ и подземным или подвесным кабелем ЛС и ЛПВ;

проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ;

подземной кабельной вставкой в ВЛ с изолированными и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ (2.4.75).

Вопрос. Какие требования должны соблюдаться при пересечении проводов ВЛ с изолированными проводами ЛС и ЛПВ?

Ответ. Должны соблюдаться следующие требования:

пересечение ВЛИ с ЛС и ЛПВ может выполняться в пролете и на опоре;

пересечение неизолированных проводов ВЛ с проводами ЛС, а также о проводами ЛПВ напряжением выше 360 В должно выполняться только в пролете. Пересечение неизолированных проводов ВЛ с проводами ЛПВ напряжением до 360 В может выполняться как в пролете, так и на общей опоре;

опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутризоновых сетей связи и с соединительными линиями сельской телефонной связи, а также с ЛПВ напряжением выше 360 В, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС и ЛПВ допускаются опоры ВЛ промежуточного типа, усиленные дополнительной приставкой или подкосом;

провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, неизолированные и изолированные провода ВЛ должны иметь двойное крепление. В городах и поселках городского типа вновь строящиеся ЛС и ЛПВ допускается располагать над проводами ВЛ напряжением до 1 кВ (2.4.76).

Вопрос. Какие требования должны выполняться при пересечении проводов ВЛ с подземным или подвесным кабелем ЛС и ЛПВ?

Ответ. Должны выполняться следующие требования:

расстояние от подземной части металлической или железобетонной опоры и заземлителя деревянной опоры до подземного кабеля ЛС и ЛПВ в населенной местности должно быть, как правило, не менее 3 м. В стесненных условиях допускается уменьшение этих расстоянии до 1 м (при условии допустимости мешающих влияний на ЛС и ЛПВ); при этом кабель должен быть проложен в стальной трубе или покрыт швеллером или угловой сталью по длине в обе стороны от опоры не менее 3 м;

в ненаселенной местности расстояние от подземной части или заземлителя опоры ВЛ до подземного кабеля ЛС и ЛПВ должны быть не менее значений, приведенных в табл. 2.4.5 Правил;

провода ВЛ должны располагаться, как правило, над подвесным кабелем ЛС и ЛПВ;

соединение проводов ВЛ в пролете пересечения с подвесным кабелем ЛС и ЛПВ не допускается. Сечение несущей жилы СИП должно быть не менее 35 мм². Провода ВЛ должны быть многопроволочными, сечением не менее: алюминиевые – 35 мм², сталеалюминиевые – 25 мм², сечение жилы СИП со всеми несущими проводниками жгута – не менее 25 мм²;

металлическая оболочка подвесного кабеля и трос, на котором подвешен кабель, должны быть заземлены на опорах, ограничивающих пролет пересечения;

расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и ЛПВ до проекции ближайшего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее наибольшей высоты опоры пролета пересечения (2.4.77).

Вопрос. Какие требования должны соблюдаться при пересечении ВЛИ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ?

Ответ. Должны соблюдаться следующие требования:

пересечение ВЛИ с ЛС и ЛПВ может выполняться в пролете и на опоре;

опоры ВЛИ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутризоновых сетей связи и с соединительными линиями сельской телефонной связи, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС и ЛПВ на ВЛИ допускается применение промежуточных опор, усиленных дополнительной приставкой или подкосом;

несущая жила СИП или жгута со всеми несущими проводниками на участке пересечения должна иметь коэффициент запаса прочности на растяжение при наибольших расчетных нагрузках не менее 2,5;

провода ВЛИ должны располагаться над проводам ЛС и ЛПВ. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, несущие провода СИП должны закрепляться натяжными зажимами. Провода ВЛИ допускается располагать под проводами ЛПВ. При этом провода ЛИВ на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление;

соединение несущей жилы и несущих проводников жгута СИП, а также проводов ЛС и ЛПВ в пролетах пересечения не допускается (2.4.78).

Вопрос. Какие требования должны соблюдаться при пересечении изолированных и неизолированных проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ?

Ответ. Должны соблюдаться следующие требования:

пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС, а также проводами ЛПВ напряжением выше 360 В должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов ВЛ с абонентскими и фидерными линиями ЛПВ напряжением до 360 В допускается выполнять на опорах ВЛ;

опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа;

провода ЛС, как стальные, так и из цветного металла, должны иметь коэффициент запаса прочности на растяжение при наибольших расчетных нагрузках не менее 2,2;

провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода ВЛ должны иметь двойное крепление. Провода ВЛ напряжением 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами ЛПВ и линий городской телефонной связи. При этом провода ЛПВ и линий городской телефонной связи на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление;

соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС и ЛПВ в пролетах пересечения не допускается. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечениями не менее: алюминиевые – 35 мм², сталеалюминиевые – 25 мм² (2.4.79).

Вопрос. Какие требования должны соблюдаться при пересечении подземной кабельной вставки в ВЛ с неизолированными и изолированными проводами ЛС и ЛПВ?

Ответ. Должны соблюдаться следующие требования:

расстояние от подземной кабельной вставки в ВЛ до опоры ЛС и ЛПВ и ее заземлителя должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля в изолирующей трубе – не менее 0,5 м;

расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ до проекции ближайшего провода ЛС и ЛПВ на горизонтальную плоскость должно быть не менее наибольшей высоты опоры пролета пересечения (2.4.80).

Вопрос. Каким должно быть расстояние по горизонтали между проводами ВЛИ и проводами ЛС и ЛПВ при параллельном прохождении или сближении?

Ответ. Должно быть не менее 1 м (2.4.81).

Вопрос. При выполнении каких требований допускается совместная подвеска кабеля сельской телефонной связи и ВЛИ?

Ответ. Допускается при выполнении следующих требований:

нулевая жила СИП должна быть изолированной;

расстояние от СИП до подвесного телефонного кабеля в пролете и на опоре ВЛИ должно быть не менее 0,5 м;

каждая опора ВЛИ должна иметь заземляющее устройство, при этом сопротивление заземления должно быть не более 10 Ом;

на каждой опоре ВЛИ должно быть выполнено повторное заземление *PEN*-проводника;

несущий канат телефонного кабеля вместе с металлическим сетчатым наружным покровом кабеля должен быть присоединен к заземлителю каждой опоры отдельным самостоятельным проводником (спуском) (2.4.84).

Вопрос. Какие условия должны соблюдаться при совместной подвеске на общих опорах неизолированных проводов ВЛ и изолированных проводов ЛПВ?

Ответ. Должны соблюдаться следующие условия:

номинальное напряжение ВЛ должно быть не более 380 В;

номинальное напряжение ЛПВ должно быть не более 360 В;

расстояние от нижних проводов ЛПВ до земли, между цепями ЛПВ и их проводами должно соответствовать требованиям действующих правил Минсвязи России;

неизолированные провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛПВ; при этом расстояние по вертикали от нижнего провода ВЛ до верхнего провода ЛПВ должно быть на опоре не менее 1,5 м, а в пролете – не менее 1,25 м; при расположении проводов ЛПВ на кронштейнах это расстояние принимается от нижнего провода ВЛ, расположенного на той же стороне, что и провода ЛПВ.

Совместная подвеска на общих опорах неизолированных проводов ВЛ, ЛС и ЛПВ не допускается (2.4.85).

Вопрос. Допускается ли совместная подвеска на общих опорах СИП ВЛИ с неизолированными или изолированными проводами ЛС и ЛПВ?

Ответ. Такая совместная подвеска допускается при соблюдении следующих условий:

номинальное напряжение ВЛИ должно быть не более 380 В;

номинальное напряжение ЛПВ должно быть не более 360 В;

номинальное напряжение ЛС, расчетное механическое напряжение в проводах ЛС, расстояния от нижних проводов ЛС и ЛПВ до земли, между цепями и их проводами должны соответствовать требованиям действующих правил Минсвязи России;

провода ВЛИ напряжением до 1 кВ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ; при этом расстояние по вертикали от СИП до верхнего провода ЛС и ЛПВ независимо от их взаимного расположения должно быть не менее 0,5 м на опоре и в пролете. Провода ВЛИ и ЛС и ЛПВ рекомендуется располагать по разным сторонам опоры (2.4.86).

Вопрос. Допускается: ли совместная подвеска на общих опорах неизолированных проводов ВЛ и кабелей ЛС?

Ответ. Такая совместная подвеска не допускается. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ напряжением не более 380 В и кабелей ЛПВ допускается при соблюдении условий, оговоренных в п. 2.4.85 Правил (2.4.87).

Вопрос. Подвеска каких кабелей связи допускается на опорах ВЛ (ВЛИ)?

Ответ. Допускается подвеска волоконно-оптических кабелей связи (ОК):

неметаллических самонесущих (ОКСН);

неметаллических, навиваемых на фазный провод или жгут СИП (ОКНН).

Расстояние от ОКСН до поверхности земли в населенной и ненаселенной местностях должно быть не менее 5 м.

Расстояния между проводами ВЛ напряжением до 1 кВ и ОКСН на опоре и в пролете должны быть не менее 0,4 м (2.4.89).

Пересечения и сближения ВЛ с инженерными сооружениями

Вопрос. Каким должно быть расстояние от проводов ВЛ до дорожных знаков и их несущих тросов при сближении ВЛ с автомобильными дорогами?

Ответ. Должно быть не менее 1 м. Несущие тросы должны быть заземлены с сопротивлением заземляющего устройства не более 10 Ом (2.4.91).

Вопрос. Какие требования должны быть выполнены при пересечении и сближении ВЛ с контактными проводами и несущими тросами трамвайных и троллейбусных линий?

Ответ. Должны быть выполнены следующие требования:

ВЛ должны, как правило, располагаться вне зоны, занятой сооружениями контактных сетей, включая опоры. В этой зоне опоры ВЛ должны быть анкерного типа, а неизолированные провода иметь двойное крепление;

провода ВЛ должны быть расположены над несущими тросами контактных проводов. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечением не менее: алюминиевые – 35 мм², сталеалюминиевые – 25 мм², несущая жила СИП – 35 мм², сечение жилы СИП со всеми несущими проводниками жгута – не менее 25 мм². Соединение проводов ВЛ в пролетах пересечения не допускается;

расстояние от проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 8 м до головки рельса трамвайной линии и 10,5 м до проезжей части

улицы в зоне троллейбусной линии. При этом во всех случаях расстояние от проводов ВЛ до несущего троса или контактного провода должно быть не менее 1,5 м;

пересечение ВЛ с контактными проводами в местах расположения поперечин запрещается.

Совместная подвеска на опорах троллейбусных линий контактных проводов и проводов ВЛ напряжением не более 380 В допускается при соблюдении следующих условий:

опоры троллейбусных линий должны иметь механическую прочность, достаточную для подвески проводов ВЛ;

расстояние между проводами ВЛ и кронштейном или устройством крепления несущего троса контактных проводов должно быть не менее 1,5 м (2.4.92).

Вопрос. Какие требования должны быть выполнены при пересечении и сближении ВЛ с канатными дорогами и наземными металлическими трубопроводами?

Ответ. Должны быть выполнены следующие требования:

ВЛ должна проходить под канатной дорогой; прохождение ВЛ над канатной дорогой на допускается;

канатные дороги должны иметь снизу мостки или сетки для ограждения проводов ВЛ;

при прохождении ВЛ под канатной дорогой или под трубопроводом провода ВЛ должны находиться от них на расстоянии: не менее 1 м – при наименьшей стреле провеса проводов до мостков или ограждающих сеток канатной дороги или до трубопровода; не менее 1 м – при наибольшей стреле провеса и наибольшем отклонении проводов до элементов канатной дороги или до трубопровода;

при пересечении ВЛ с трубопроводом расстояние от проводов ВЛ при их наибольшей стреле провеса до элементов трубопровода должно быть не менее 1 м. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с трубопроводом, должны быть анкерного типа. Трубопровод в пролете пересечения должен быть заземлен, сопротивление заземлителя – не более 10 Ом;

при параллельном следовании ВЛ с канатной дорогой или трубопроводом расстояние по горизонтали от проводов ВЛ до канатной дороги или трубопровода должно быть не менее высоты опоры, а на стесненных участках трассы при наибольшем отклонении проводов – не менее 1 м (2.4.93).

Вопрос. По территориям каких сооружений не допускается прохождение ВЛ напряжением до 1 кВ с изолированными и неизолированными проводами?

Ответ. Не допускается прохождение по территории спортивных сооружений, школ (общеобразовательных и интернатов), технических училищ, детских дошкольных учреждений (детских яслей, детских садов, детских комбинатов), детских домов, детских игровых площадок, а также по территориям детских оздоровительных лагерей.

По вышеуказанным территориям (кроме спортивных и игровых площадок) допускается прохождение ВЛИ при условии, что нулевая жила СИП должна быть изолированной, а полная ее проводимость должна быть не менее проводимости фазной жилы СИП (2.4.95).

Глава 2.5. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ выше 1 кВ

Область применения

Вопрос. На какие ВЛ распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на ВЛ напряжением выше 1 кВ и до 750 кВ, выполняемые неизолированными проводами, и напряжением выше 1 кВ и до 20 кВ, выполняемые проводами с защитной изолирующей оболочкой – защищенными проводами (2.5.1).

Вопрос. На какие ВЛ не распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Не распространяется на ВЛ, сооружение которых определяется специальными правилами, нормами и постановлениями (контактные сети электрифицированных железных дорог, трамвая, троллейбуса; ВЛ для электроснабжения сигнализации, централизации и блокировки; ВЛ напряжением 6–35 кВ, смонтированные на опорах контактной сети и т. п.) (2.5.1).

Вопрос. Что представляет собой ВЛ напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Это устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изолирующих конструкций и арматуры к опорам, несущим конструкциям, кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.) (2.5.2).

Вопрос. Что принимается за начало и конец ВЛ (ВЛЗ)?

Ответ. Принимаются:

у ЗРУ – место выхода провода из аппаратного зажима, присоединяемого к проходному изолятору;

у ОРУ с линейными порталами – место выхода провода из зажима натяжной гирлянды изоляторов на линейном портале в сторону ВЛ;

у КТП – место крепления провода к изолятору КТП или место выхода провода из аппаратного зажима;

у ТП с выносным разъединителем – место выхода провода из аппаратного зажима, присоединяемого к разъединителю (2.5.2).

Вопрос. Какие типы местности различают по условиям воздействия ветра на ВЛ?

Ответ. Различают три типа местности:

А – открытые побережья морей, озер, водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой не менее 2/3 высоты опор;

С – городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м, просеки в лесных массивах с высотой деревьев более высоты опор, орографически защищенные извилистые и узкие склоновые долины и ущелья.

ВЛ считается расположенной в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны ВЛ на расстоянии, равном тридцатикратной высоте опоры при высоте опор до 60 м, и на расстоянии 2 км при большей высоте (2.5.6).

Общие требования

Вопрос. Какие характеристики нагрузок на ВЛ являются основными?

Ответ. Являются их нормативные значения, которые устанавливаются настоящими Правилами, а для нагрузок, не регламентированных ими, – в соответствии со строительными нормами и правилами (2.5.11).

Вопрос. Как определяются расчетные значения нагрузок?

Ответ. Определяются как произведение их нормативных значений на коэффициенты: надежности по нагрузке, надежности по ответственности, условий работы, региональные (2.5.11).

Вопрос. Какие показатели являются основной характеристикой сопротивления материала элементов ВЛ?

Ответ. Такими показателями являются:

разрывное усилие (для проводов и тросов), механическая (электромеханическая) разрушающая нагрузка (для изоляторов), механическая разрушающая нагрузка (для линейной арматуры), указанные в стандартах или технических условиях на эти изделия;

нормативные и расчетные сопротивления материала опор и фундаментов, устанавливаемые нормами проектирования строительных конструкций (2.5.13).

Вопрос. На каких ВЛ должен выполняться полный цикл транспозиции?

Ответ. Должен выполняться на ВЛ напряжением 110 кВ и выше длиной более 100 км для ограничения несимметрии токов и напряжений.

Для ВЛ с горизонтальным расположением фаз рекомендуется упрощенная схема транспозиций (в месте транспозиций поочередно меняются местами только две смежные фазы) (2.5.14).

Вопрос. Что необходимо выполнять по окончании сооружения или реконструкции ВЛ?

Ответ. Необходимо выполнять:

землевание земель, отводимых в постоянное пользование;

рекультивацию земель, отводимых во временное пользование;

природоохранительные мероприятия, направленные на минимальное нарушение естественных форм рельефа и сохранение зеленых насаждений и естественного состояния грунта;

противоэрозионные мероприятия (2.5.18).

Требования к проектированию ВЛ, учитывающие особенности их ремонта и технического обслуживания

Вопрос. Каковы требования Правил по обеспечению подъездов и подходов к ВЛ?

Ответ. Подъезд к ВЛ должен быть обеспечен в любое время года на возможно близкое расстояние, но не далее чем на 0,5 км от трассы ВЛ. Для проезда вдоль трассы ВЛ и для подъезда к ним должна быть расчищена от насаждений, пней, камней и т. п. полоса земли шириной не менее 2,5 м.

Исключение допускается на участках ВЛ, проходящих:

по топким болотам и сильно пересеченной местности, где проезд невозможен. В этих случаях необходимо выполнять вдоль трассы ВЛ пешеходные тропки с мостиками шириной 0,8–1,0 м, оборудованные перилами, или насыпные земляные дорожки шириной не менее 0,8 м;

по территориям, занятым под садовые и ценные сельскохозяйственные культуры, а также под насаждения защитных полос вдоль железных дорог, автомобильных дорог и запретных полос по берегам рек, озер, водохранилищ, каналов и других водных объектов (2.5.22).

Вопрос. Какие постоянные знаки должны быть нанесены на опорах ВЛ?

Ответ. Должны быть нанесены на высоте 2–3 м следующие постоянные знаки:

порядковый номер опоры, номер ВЛ или ее условное обозначение – на всех опорах; на двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь;

информационные знаки с указанием ширины охранной зоны ВЛ; расстояние между информационными знаками в населенной местности должно быть не более 250 м, при большей длине пролета знаки устанавливаются на каждой опоре; в ненаселенной и труднодоступной местности – 500 м, допускается и более редкая установка знаков;

расцветка фаз – на ВЛ напряжением 35 кВ и выше на концевых опорах, опорах, смежных с транспозиционными, и на первых опорах ответвлений от ВЛ;

предупреждающие плакаты – на всех опорах ВЛ в населенной местности;

плакаты с указанием расстояния от опоры ВЛ до КЛ связи – на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры до кабелей связи.

Плакаты и знаки должны устанавливаться сбоку опоры поочередно с правой и с левой стороны, а на переходах через дороги плакаты должны быть обращены в сторону дороги (2.5.23).

Вопрос. Какую маркировку должны иметь линейные разъединители, переключательные пункты, ВЧ заградители, установленные на ВЛ?

Ответ. Должны иметь соответствующие порядковые номера и диспетчерские наименования (2.5.24).

Защита ВЛ от воздействия окружающей среды

Вопрос. Какое исполнение должны иметь стальные канаты, применяемые в качестве грозозащитных тросов, оттяжек и элементов опор?

Ответ. Должны иметь коррозионно-стойкое исполнение с учетом вида и степени агрессивности среды в условиях эксплуатации. На грозозащитный трос и оттяжки в процессе сооружения ВЛ должна быть нанесена защитная смазка (2.5.26).

Вопрос. Как следует защищать ВЛ от оползневых процессов?

Ответ. Следует располагать трассы ВЛ вне зоны их распространения. При невозможности обхода таких зон должна предусматриваться инженерная защита ВЛ от оползней в соответствии со строительными нормами и правилами по защите территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов (2.5.28).

Вопрос. Где должны устанавливаться опоры при прохождении ВЛ по просадочным грунтам?

Ответ. Должны устанавливаться, как правило, на площадках с минимальной площадью водосбора с выполнением комплекса противопросадочных мероприятий. Нарушение растительности и почвенного покрова должно быть минимальным (2.5.30).

Вопрос. Допускается ли применение опор с оттяжками на участках ВЛ напряжением до 330 кВ, проходящих по обрабатываемым землям?

Ответ. Применение таких опор не допускается (2.5.33)

Вопрос. Какие опоры рекомендуется применять на участках трассы, проходящих по обрабатываемым землям, в населенной местности и в местах стесненных подходов к электростанциям и подстанциям?

Ответ. Рекомендуется применять двухцепные и многоцепные свободностоящие опоры (2.5.34).

Вопрос. Какие должны быть предусмотрены меры при прохождении ВЛ с деревянными опорами по лесам, сухим болотам и другим местам, где возможны низовые пожары?

Ответ. Должна быть предусмотрена одна из следующих мер:

устройство канавы глубиной 0,4 м и шириной 0,6 м на расстоянии 2 м вокруг каждой стойки опоры;

уничтожение травы и кустарника и очистка от них площадки радиусом 2 м вокруг каждой опоры;

применение железобетонных приставок, при этом расстояние от земли до нижнего торца стойки должно быть не менее 1 м (2.5.35).

Вопрос. Что следует предусматривать для защиты ВЛ при сильном агрессивном воздействии окружающей среды?

Ответ. В районах с высокой степенью агрессивности воздействия среды, в районах солончаков, засоленных песков, песчаных пустынь, в прибрежных зонах морей и соленых озер площадью более 10 000 м², а также в местах, где в процессе эксплуатации установлено коррозийное разрушение металла изоляторов, линейной арматуры, проводов и тросов, заземлителей, следует предусматривать:

изоляторы и линейную арматуру в тропическом исполнении, при необходимости с дополнительными защитными мероприятиями;

коррозионно-стойкие провода, тросы и тросовые элементы опор;

увеличение сечения элементов заземляющих устройств, применение оцинкованных заземлителей (2.5.37).

Климатические условия и нагрузки

Вопрос. Что относится к климатическим условиям, которые необходимо учитывать при расчете ВЛ и их элементов?

Ответ. К таким условиям относятся: ветровое давление, толщина стенки гололеда, температура воздуха, степень агрессивности воздействия окружающей среды, интенсивность грозовой деятельности, пляска проводов и тросов, вибрация (2.5.38).

Вопрос. Как производится определение расчетных условий по ветру и гололеду?

Ответ. Производится на основании соответствующих карт климатического районирования территории РФ.

При отсутствии региональных карт значения климатических параметров уточняются путем обработки соответствующих данных многолетних наблюдений (2.5.38).

Вопрос. По каким материалам определяется интенсивность грозовой деятельности?

Ответ. Определяется по картам районирования территории РФ по числу грозовых часов в году, региональным картам с уточнением при необходимости по данным метеостанций о среднегодовой продолжительности гроз (2.5.38).

Вопрос. Как делится территория РФ по частоте повторяемости и интенсивности пляски проводов и тросов?

Ответ. Делится на районы с умеренной пляской проводов (частота повторяемости пляски 1 раз в 5 лет и менее) и с частой и интенсивной пляской проводов (частота повторяемости более 1 раза в 5 лет) (2.5.38).

Вопрос. На какой высоте для ВЛ определяются значения максимальных ветровых давлений и толщины стенок гололеда?

Ответ. Определяются на высоте 10 м над поверхностью земли с повторяемостью 1 раз в 25 лет (нормативные значения) (2.5.40).

Вопрос. Каким принимается нормативное ветровое давление?

Ответ. Принимается по табл. 2.5.1 Правил в соответствии с картой районирования территории РФ по ветровому давлению или по региональным картам районирования (2.5.41).

Вопрос. Как определяется ветровое давление на провода ВЛ?

Ответ. Определяется по высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов, на тросы – по высоте расположения центра тяжести тросов, на конструкции опор ВЛ – по высоте расположения средних точек зон, отсчитываемых от отметки поверхности земли в месте установки опоры. Высота каждой зоны должна быть не более 10 м.

Для различных высот расположения центра тяжести проводов, тросов, а также средних точек зон конструкции опор ВЛ ветровое давление определяется умножением его значения на коэффициент, принимаемый по табл. 2.5.2 Правил (2.5.44).

Вопрос. Какой следует принимать нормативную толщину стенки гололеда?

Ответ. Следует принимать по табл. 2.5.3 Правил в соответствии с картой районирования территории РФ по толщине стенки гололеда или по региональным картам районирования; расчетная плотность – 0,9 г/см³ (2.5.46).

Вопрос. Как определяется толщина стенки гололеда на проводах ВЛ?

Ответ. Определяется на высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов, на тросах – на высоте расположения центра тяжести тросов.

Толщина стенки гололеда на проводах (тросах) при высоте расположения приведенного их центра тяжести более 25 м определяется умножением ее значения на коэффициенты, принимаемые по табл. 2.5.4 Правил (2.5.49).

Вопрос. По каким нормативам определяются расчетные температуры воздуха?

Ответ. Среднегодовая, низшая (которая принимается за абсолютно минимальную) и высшая (которая принимается за абсолютно максимальную) температуры определяются по строительным нормам и правилам и по данным наблюдений с округлением до значений, кратных пяти.

Температуру воздуха при нормативном ветровом давлении следует принимать равной –5 °С, за исключением районов со среднегодовой температурой –5 °С и ниже, для которых ее следует принимать равной –10 °С (2.5.51).

Провода и грозозащитные тросы

Вопрос. С каким количеством проводов могут выполняться ВЛ?

Ответ. Могут выполняться с одним или несколькими проводами в фазе. Во втором случае фаза называется расщепленной. Провода расщепленной фазы могут быть изолированы друг от друга (2.5.75).

Вопрос. Какие приспособления должны быть установлены на проводах расщепленной фазы в пролетах и в петлях анкерных опор?

Ответ. Должны быть установлены дистанционные распорки. Расстояния между распорками или группами распорок, устанавливаемыми в пролете на расщепленной фазе из двух или трех проводов, не должны превышать 60 м, а при прохождении ВЛ по местности типа А – 40 м.

Расстояния между распорками или группами распорок, устанавливаемыми в пролете на расщепленной фазе из четырех и более проводов, не должны превышать 40 м; при прохождении ВЛ по местности типа С эти расстояния допускается увеличивать до 60 м (2.5.76).

Вопрос. Какие провода и тросы должны применяться на ВЛ?

Ответ. Должны применяться многопроволочные провода и тросы. Минимально допустимые сечения проводов приведены в табл. 2.5.5 Правил (2.5.77).

Вопрос. Какие меры рекомендуется применять для снижения потерь электроэнергии на перемагничивание стальных сердечников в сталеалюминиевых проводах и в проводах из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником?

Ответ. Рекомендуется применять провода с четным числом повивов алюминиевых проволок (2.5.78).

Вопрос. Какие канаты следует применять в качестве грозозащитных тросов?

Ответ. Следует, как правило, применять стальные канаты, изготовленные из оцинкованной проволоки для особо жестких агрессивных условий работы и по способу свивки – нераскручивающиеся, сечением не менее:

35 мм² – на ВЛ напряжением 35 кВ без пересечений;

35 мм² – на ВЛ 35 кВ в пролетах пересечений с железными дорогами общего пользования и электрифицированными в районах по гололеду I–II;

50 мм² – в остальных районах и на ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах;

50 мм² – на ВЛ 110–150 кВ;

70 мм² – на ВЛ 220 кВ и выше (2.5.79).

Вопрос. Какие ограничения необходимо учитывать при выборе конструкции ВЛ, количества составляющих и площади сечения проводов фазы и их расположения?

Ответ. Необходимо обеспечить ограничение напряженности электрического поля до уровней, допустимых по короне и радиопомехам.

По условиям короны и радиопомех при отметках до 1000 м над уровнем моря рекомендуется применять на ВЛ провода диаметром не менее указанных в табл. 2.5.6 Правил (2.5.81).

Вопрос. Каковы допустимые механические напряжения в проводах и тросах ВЛ напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Напряжения в проводах (тросах) не должны превышать допустимых значений, приведенных в табл. 2.5.7 Правил (2.5.83).

Вопрос. Какие характеристики следует принимать в механических расчетах проводов (тросов)?

Ответ. Следует принимать физико-механические характеристики, приведенные в табл. 2.5.8 Правил (2.5.84).

Вопрос. Какие провода и тросы следует защищать от вибрации?

Ответ. Следует защищать:

одиночные провода и тросы при длинах пролетов, превышающих значения, приведенные в табл. 2.5.9 Правил, и механических напряжениях при среднегодовой температуре, превышающих приведенные в табл. 2.5.10 Правил;

расщепленные провода и тросы из двух составляющих при длинах пролетов, превышавших 150 м, и механических напряжениях, превышающих приведенные в табл. 2.5.11 Правил;

провода расщепленной фазы из трех и более составляющих при длинах пролетов, превышающих 700 м;

провода ВЛЗ при прохождении трассы на местности типа А, если напряжение в проводе при среднегодовой температуре превышает 40 Н/мм² (2.5.85).

Вопрос. Для каких проводов и тросов рекомендуется защита от вибрации?

Ответ. Рекомендуется защищать:

провода алюминиевые и из нетермообработанного алюминиевого сплава площадью сечения до 95 мм², из термообработанного алюминиевого сплава и сталеалюминиевые провода площадью сечения алюминиевой части до 70 мм², стальные тросы площадью сечения до 35 мм² – гасителями вибрации петлевого типа (демпфирующие петли) или армирующими спиральными прутками, протекторами, спиральными вязками;

провода (тросы) большего сечения – гасителями вибрации типа Стокбриджа;

провода ВЛЗ в местах их крепления к изоляторам – гасителями вибрации спирального типа с полимерным покрытием.

Гасители вибрации следует устанавливать с обеих сторон пролета (2.5.85).

Расположение проводов и тросов и расстояния между ними

Вопрос. Какое расположение проводов может применяться на ВЛ?

Ответ. Может применяться любое расположение проводов на опоре: горизонтальное, вертикальное, смешанное. На ВЛ напряжением 35 кВ и выше с расположением проводов в несколько ярусов предпочтительной является схема со смещением проводов соседних ярусов по горизонтали; в районах по гололеду IV и более рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов (2.5.86).

Вопрос. По каким условиям должны выбираться расстояния между проводами ВЛ, а также между проводами и тросами?

Ответ. Должны выбираться:

по условиям работы проводов (тросов) в пролетах;

по допустимым изоляционным расстояниям между проводами, между проводами и элементами опоры;

по условиям защиты от грозовых перенапряжений;

по условиям короны и допустимых уровней радиопомех и акустических шумов (2.5.87).

Вопрос. Как определяется минимальное расстояние между проводами в пролете?

Ответ. Определяется расчетным путем в соответствии с пп. 2.5.88, 2.5.89 настоящих Правил с учетом коэффициентов, приведенных в табл. 2.5.12 и 2.5.13 Правил (2.5.88, 2.5.89).

Вопрос. При каких условиях допускается подвеска на общих опорах проводов ВЛ напряжением до 10 кВ и ВЛ напряжением до 1 кВ?

Ответ. Допускается при соблюдении следующих условий:

ВЛ до 1 кВ должны выполняться по расчетным условиям ВЛ высшего напряжения;

провода ВЛ до 10 кВ должны располагаться выше проводов ВЛ до 1 кВ, причем расстояние между ближайшими проводами ВЛ разных напряжений на опоре, а также в середине пролета при температуре окружающего воздуха +15 °С без ветра должно быть не менее 2 м;

крепление проводов высшего напряжения на штыревых изоляторах должно быть двойным (2.5.96).

Провода ВЛЗ могут быть подвешены на общих опорах с проводами ВЛ напряжением 6–20 кВ, а также с проводами ВЛ и ВЛИ напряжением до 1 кВ (2.5.96).

Вопрос. Какие требования должны соблюдаться при подвеске на общих опорах проводов ВЛЗ напряжением 6–20 кВ и ВЛ напряжением до 1 кВ или ВЛИ?

Ответ. Должны соблюдаться следующие требования:

ВЛ до 1 кВ или ВЛИ должны выполняться по расчетным условиям ВЛЗ;

провода ВЛЗ 6–20 кВ должны располагаться выше проводов ВЛ до 1 кВ или ВЛИ;

расстояние по вертикали между ближайшими проводами ВЛЗ 6–20 кВ и проводами ВЛ до 1 кВ или ВЛИ на общей опоре и в пролете при температуре +15 °С без ветра должно быть не менее 0,4 м для ВЛИ и 1,5 м для ВЛ;

крепление проводов ВЛЗ 6–20 кВ на штыревых и подвесных изоляторах должно выполняться усиленным (2.5.96).

Изоляторы и арматура

Вопрос. Какие изоляторы должны применяться на ВЛ?

Ответ. На ВЛ напряжением 110 кВ и выше должны применяться подвесные изоляторы. Допускается применение стержневых и опорно-стержневых изоляторов.

На ВЛ 35 кВ должны применяться подвесные или стержневые изоляторы. Допускается применение штыревых изоляторов.

На ВЛ 20 кВ и ниже должны применяться:

на промежуточных опорах – любые типы изоляторов;

на опорах анкерного типа – подвесные изоляторы. Допускается применение штыревых изоляторов в районе по гололеду I и в ненаселенной местности (2.5.97).

Вопрос. Как следует производить крепление проводов к подвесным изоляторам и крепление тросов?

Ответ. Следует производить при помощи глухих поддерживающих или натяжных зажимов. Крепление проводов к штыревым изоляторам следует производить проволочными вязками или специальными зажимами (2.5.104).

Вопрос. Какое количество соединений допускается в одном пролете ВЛ?

Ответ. Допускается не более одного соединения на каждый провод и трос.

В пролетах пересечения ВЛ с улицами (проездами), инженерными сооружениями, водными пространствами одно соединение на провод (трос) допускается:

при сталеалюминиевых проводах с площадью сечения по алюминию 240 мм² и более независимо от содержания стали;

при сталеалюминиевых проводах с отношением $A/C \leq 1{,}49$ для любой площади сечения алюминия;

при стальных тросах с площадью сечения 120 мм² и более;

при расщеплении фазы на три сталеалюминиевых провода с площадью сечения по алюминию 150 мм² и более (2.5.114).

Защита от перенапряжений, заземление

Вопрос. Как должны быть защищены от прямых ударов молнии ВЛ с металлическими и железобетонными опорами?

Ответ. ВЛ напряжением 110–750 кВ должны быть защищены тросами по всей длине. Сооружение ВЛ 110–500 кВ или их участков без тросов допускается:

в районах с числом грозовых часов в году менее 20 и в горных районах с плотностью разрядов на землю менее 1,5 на 1 км² в год;

на участках ВЛ в районах с плохо проводящими грунтами;

на участках трассы ВЛ с расчетной толщиной стенки гололеда более 25 мм;

для ВЛ с усиленной изоляцией провода относительно заземленных частей опоры при обеспечении расчетного числа грозовых отключений линии, соответствующего расчетному числу грозовых отключений ВЛ такого же напряжения с тросовой защитой.

ВЛ напряжением 110–220 кВ, предназначенные для электроснабжения объектов добычи и транспорта нефти и газа, должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине независимо от интенсивности грозовой деятельности и удельного эквивалентного сопротивления земли (2.5.116).

Вопрос. Какими аппаратам должны защищаться гирлянды изоляторов единичных металлических и железобетонных опор, а также крайних опор участков с такими опорами и другие места с ослабленной изоляцией на ВЛ с деревянными опорами?

Ответ. Должны защищаться защитными аппаратами, в качестве которых могут использоваться вентильные разрядники (РВ), ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН), трубчатые разрядники (РТ) и искровые промежутки (ИП) (2.5.119).

Вопрос. Чем необходимо руководствоваться при выполнении защиты ВЛ от грозовых перенапряжений тросами?

Ответ. Необходимо руководствоваться следующим:

одностоечные металлические и железобетонные опоры с одним тросом должны иметь угол защиты не более 30°, а опоры с двумя тросами – не более 20°;

на металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и с двумя тросами угол защиты по отношению к внешним проводам для ВЛ напряжением 110–330 кВ должен быть не более 20°, для ВЛ 500 кВ – не более 25°, для ВЛ 750 кВ – не более 22°. В районах по гололеду IV и более и в районах с частой и интенсивной пляской проводов для ВЛ напряжением 110–330 кВ допускается угол защиты до 30°;

на железобетонных и деревянных опорах портального типа допускается угол защиты по отношению к крайним проводам не более 30°;

при защите ВЛ двумя тросами расстояние между ними на опоре должно быть не более 5-кратного расстояния по вертикали от тросов до проводов, а при высоте подвеса тросов на опоре более 30 м расстояние между тросами должно быть не более 5-кратного расстояния по вертикали между тросом и проводом на опоре, умноженного на коэффициент, равный $5{,}5\sqrt{h}$, где h – высота подвеса троса на опоре (2.5.120).

Вопрос. Какими должны быть расстояния по вертикали между тросом и проводом ВЛ в середине пролета без учета отклонения их ветром по условиям защиты от грозовых перенапряжений?

Ответ. Должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.16 Правил и не менее расстояния по вертикали между тросом и проводом на опоре (2.5.121).

Вопрос. Как заземляются тросы на анкерных участках?

Ответ. На каждом анкерном участке длиной до 10 км тросы должны быть заземлены в одной точке путем устройства специальных перемычек

на анкерной опоре. При большей длине анкерных пролетов количество точек заземления в пролете выбирается таким, чтобы при наибольшем значении продольной электродвижущей силы, наводимой в тросе при КЗ на ВЛ, не происходил пробой ИП (2.5.122).

Вопрос. Чем должны быть шунтированы изоляторы, на которых подвешен трос?

Ответ. Должны быть шунтированы ИП. Размер ИП выбирается минимально возможным по следующим условиям:

разрядное напряжение ИП должно быть ниже разрядного напряжения изолирующего тросового крепления не менее чем на 20 %;

ИП не должен перекрываться при однофазном КЗ на землю на других опорах;

при перекрытиях ИП от грозовых разрядов должно происходить самопогасание дуги сопровождающего тока промышленной частоты (2.5.122).

Вопрос. Как должны быть защищены от грозовых перенапряжений кабельные вставки в ВЛ?

Ответ. Должны быть защищены по обоим концам кабеля защитными аппаратами. Заземляющий зажим защитных аппаратов, металлические оболочки кабеля, корпус кабельной муфты должны быть соединены между собой по кратчайшему пути. Заземляющий зажим защитного аппарата должен быть соединен с заземлителем отдельным проводником.

Не требуют защиты от грозовых перенапряжений:

кабельные вставки напряжением 35–220 кВ длиной 1,5 км и более в ВЛ, защищенные тросами;

кабельные вставки в ВЛ напряжением до 20 кВ, выполненные кабелями с пластмассовой изоляцией и оболочкой, длиной 2,5 км и более и кабелями других конструкций длиной 1,5 км и более (2.5.124).

Вопрос. Каким должно быть наименьшее изоляционное расстояние по воздуху (в свету) от токоведущих частей до заземленных частей опоры для ВЛ, проходящих на высоте до 1000 м над уровнем моря?

Ответ. Должно быть не менее приведенных в табл. 2.5.17 Правил. Допускается снижение этих значений при условии уменьшения общего уровня грозоупорности ВЛ не более чем на 20 % (2.5.125).

Вопрос. Какими должны быть наименьшие расстояния на опоре между проводами ВЛ в месте их пересечения между собой при транспозиции, ответвлениях, переходе с одного расположения проводов на другое?

Ответ. Должны быть не менее приведенных в табл. 2.6.18 Правил (2.5.126).

Вопрос. Какие элементы должны быть заземлены на ВЛ?

Ответ. Должны быть заземлены:

опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства молниезащиты;

железобетонные и металлические опоры ВЛ 3–35 кВ;

опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители и другие аппараты;

металлические и железобетонные опоры ВЛ 110–500 кВ без тросов и других устройств молниезащиты, если это необходимо по условиям обеспечения работы РЗиА.

Деревянные опоры и деревянные опоры с металлическими траверсами ВЛ без грозозащитных тросов или других устройств молниезащиты не заземляются (2.5.129).

Вопрос. Что может быть использовано в качестве естественных заземлителей?

Ответ. Могут быть использованы железобетонные фундаменты опор ВЛ напряжением 110 кВ и выше при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента и отсутствии гидроизоляции железобетона полимерными материалами (2.5.130).

Вопрос. Какие проводники следует использовать для заземления железобетонных опор?

Ответ. В качестве заземляющих проводников следует использовать те элементы напряженной и ненапряженной продольной арматуры стоек, металлические элементы которых соединены между собой и могут быть присоединены к заземлителю.

Оттяжки железобетонных опор должны использоваться в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре (2.5.132).

Вопрос. Каким должно быть сечение каждого из заземляющих спусков на опоре ВЛ?

Ответ. Должно быть не менее 35 мм², а для однопроволочных спусков диаметр должен быть не менее 10 мм (сечение 78,5 мм²). Количество спусков должно быть не менее двух (2.5.133).

Вопрос. На какой глубине должны находиться заземлители опор ВЛ?

Ответ. Должны находиться, как правило, на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле – 1 м. В случае установки опор в скальных грунтах допускается прокладка лучевых заземлителей непосредственно под разборным слоем над скальными породами при толщине слоя не менее 0,1 м. При меньшей толщине этого слоя или его отсутствии рекомендуется прокладка заземлителей по поверхности скалы с заливкой их цементным раствором (2.5.134).

Опоры и фундаменты

Вопрос. На какие основные виды разделяются опоры ВЛ?

Ответ. Разделяются на два основных вида:

анкерные опоры, полностью воспринимающие тяжение проводов и тросов в смежных с опорой пролетах;

промежуточные опоры, не воспринимающие тяжение проводов или воспринимающие его частично.

На базе анкерных опор могут выполняться концевые и транспозиционные опоры. Промежуточные и анкерные опоры могут быть прямыми и угловыми.

В зависимости от количества подвешиваемых цепей опоры разделяются на одноцепные, двухцепные и многоцепные.

Опоры могут выполняться свободностоящими или с оттяжками. Опоры могут быть гибкой и жесткой конструкции. Анкерные опоры должны быть жесткими. Допускается применение анкерных опор гибкой конструкции для ВЛ напряжением до 35 кВ (2.5.135).

Вопрос. На какие группы подразделяются предельные состояния, по которым производится расчет опор, фундаментов и оснований ВЛ?

Ответ. Подразделяются на две группы.

Первая группа включает предельные состояния, которые ведут к потере несущей способности элементов или к полной непригодности их в эксплуатации, то есть к их разрушению любого характера. К этой группе относятся состояния при наибольших внешних нагрузках и при условиях, которые могут привести к наибольшим изгибающим или крутящим моментам на опоры, наибольшим сжимающим или растягивающим усилиям на опоры и фундаменты.

Вторая группа включает предельные состояния, при которых возникают недопустимые деформации, перемещения или отклонения элементов, нарушающие нормальную эксплуатацию. К этой группе относятся состояния при наибольших прогибах опор (2.5.137).

Вопрос. На какие виды подразделяются нагрузки, воздействующие на строительные конструкции ВЛ, в зависимости от продолжительности действия?

Ответ. Подразделяются на постоянные и временные.

К постоянным нагрузкам относятся:

собственный вес проводов, тросов, строительных конструкций, гирлянд изоляторов, линейной арматуры; тяжение проводов и тросов при среднегодовой температуре и отсутствии ветра и гололеда; воздействие предварительного напряжения конструкции, а также нагрузки от давления воды на фундаменты в руслах рек.

К временным нагрузкам относятся:

длительные нагрузки – нагрузки, создаваемые воздействием неравномерных деформаций оснований, не сопровождающихся изменением структуры грунта, а также воздействием усадки и ползучести бетона;

кратковременные нагрузки – давление ветра на провода, тросы и опоры (свободные от гололеда и покрытые гололедом); вес отложений гололеда на проводах, тросах, опорах; тяжение проводов и тросов сверх их значений при среднегодовой температуре; нагрузки от давления воды на опоры и фундаменты в поймах рек и от давления льда; нагрузки, возникающие при изготовлении и перевозке конструкций, а также при монтаже строительных конструкций, проводов и тросов;

особые нагрузки – нагрузки, возникающие при обрыве проводов и тросов, а также нагрузки при сейсмических воздействиях (2.5.138).

Вопрос. Как должен производиться расчет опор, фундаментов и оснований фундаментов в зависимости от той или иной группы предельных состояний?

Ответ. Расчет на прочность и устойчивость должен производиться на нагрузки первой группы предельных состояний.

Расчет на выносливость и по деформациям производится на нагрузки второй группы предельных состояний.

Расчет оснований по деформациям производится на нагрузки второй группы предельных состояний без учета динамического воздействия порывов ветра на конструкцию опоры.

Опоры, фундаменты и основания должны рассчитываться также на нагрузки и воздействия внешней среды в конкретных условиях (воздействие

размывающего действия воды, давления волн, навалов льда, давления грунта и т. п.), которые принимаются в соответствии со строительными нормами и правилами или другими нормативными документами (2.5.139).

Вопрос. Какие факторы дополнительно учитываются при расчетах?

Ответ. Дополнительно учитывается следующее:

возможность временного усиления отдельных элементов конструкций в монтажных режимах;

расчет железобетонных опор и фундаментов по раскрытию трещин в нормальных режимах производится на нагрузки второй группы предельных состояний, причем кратковременные нагрузки снижаются на 10 %; при использовании опор и фундаментов в условиях агрессивной среды снижение кратковременных нагрузок не производится;

отклонение верха опоры при воздействии расчетных нагрузок по второй группе предельных состояний не должно приводить к нарушению установленных настоящими Правилами наименьших изоляционных расстояний от токоведущих частей (проводов) до заземленных элементов опоры и до поверхности земли и пересекаемых инженерных сооружений;

расчет опор гибкой конструкции производится по деформированной схеме (с учетом дополнительных усилий, возникающих от весовых нагрузок при деформациях опоры, для первой и второй групп предельных состояний);

расчет опор, устанавливаемых в районах с сейсмичностью свыше 6 баллов, на воздействие сейсмических нагрузок должен выполняться в соответствии со строительными нормами и правилами по строительству в сейсмических районах; при этом расчетные нагрузки от веса гололеда, от тяжения проводов и тросов в нормальных режимах умножаются на коэффициент сочетаний, равный 0,8 (2.5.139).

Вопрос. Как должны рассчитываться промежуточные опоры ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов и глухими зажимами?

Ответ. Должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на расчетные условные горизонтальные статические нагрузки.

Расчет производится при следующих условиях:

оборваны провод или провода одной фазы одного пролета (при любом числе проводов на опоре), тросы не оборваны;

оборван один трос пролета (для расщепленного троса – все его составляющие), провода не оборваны (2.5.141).

Вопрос. Как должны рассчитываться опоры анкерного типа?

Ответ. Должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на обрыв тех проводов и тросов, при обрыве которых усилия в рассматриваемых элементах получаются наибольшими.

Расчет производится на следующие условия:

для опор ВЛ с алюминиевыми и стальными проводами всех сечений, проводами из алюминиевых сплавов всех сечений, сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником с площадью сечения алюминиевой части для обоих типов проводов до 150 мм^2: оборваны провода двух фаз одного пролета при любом числе цепей на опоре, тросы не оборваны (анкерные нормальные

опоры); оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре, тросы не оборваны (анкерные облегченные и концевые опоры);

для опор ВЛ со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником площадью сечения алюминиевой части для обоих типов проводов 185 мм^2 и более, а также со стальными канатами всех сечений, используемыми в качестве проводов: оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре, тросы не оборваны (анкерные нормальные и концевые опоры);

для опор ВЛ независимо от марок и сечений подвешиваемых проводов: оборван один трос одного пролета (при расщепленном тросе – все составляющие), провода не оборваны (2.5.145).

Вопрос. На какие условия должны проверяться опоры анкерного типа в монтажном режиме по первой группе предельных состояний?

Ответ. Должны проверяться на следующие условия:

в одном пролете смонтированы все провода и тросы, в другом пролете провода и тросы не смонтированы. В этом режиме металлические опоры и их закрепления должны иметь требуемую нормами прочность без установки временных оттяжек;

в одном из пролетов при любом числе проводов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются провода одной цепи, тросы не смонтированы;

в одном из пролетов при любом числе тросов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются тросы, провода не смонтированы (2.5.146).

Вопрос. Какими рекомендуется принимать расчетные нагрузки на опоры от веса монтируемых проводов (тросов) при соответствующих климатических условиях и гирлянд изоляторов в условиях равнинной местности?

Ответ. Рекомендуется принимать:

на промежуточных опорах – равными удвоенному весу пролета проводов (тросов) без гололеда и гирлянды изоляторов, исходя из возможности подъема монтируемых проводов (тросов) и гирлянды через один блок;

на анкерных опорах и промежуточных опорах при ограничении последними монтажного участка – с учетом усилия в тяговом тросе, определяемого из условия расположения тягового механизма на расстоянии $2{,}5h$ от опоры, где h – высота подвеса провода средней фазы на опоре (2.5.147).

Вопрос. Что должны обеспечивать конструкции опор?

Ответ. Должны обеспечивать на отключенной ВЛ, а на ВЛ напряжением 110 кВ и выше и при наличии на ней напряжения:

производство их технического обслуживания и ремонтных работ;

удобный и безопасный подъем персонала на опору от уровня земли до вершины опоры и его перемещение по элементам опоры (стойкам, траверсам, тросостойкам, подкосам и др.) (2.5.148).

Вопрос. Какие мероприятия должны быть предусмотрены для подъема персонала на опору?

Ответ. Должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

на каждой стойке металлических опор высотой до вершины до 20 м при расстояниях между точками крепления решетки к поясам стойки (ствола) более 0,6 м или при наклоне решетки к горизонтали более 30°, а для опор

высотой более 20 и менее 50 м независимо от расстояния между точками крепления решетки и угла ее наклона должны быть выполнены специальные ступеньки (степ-болты) на одном поясе или лестницы без ограждения, доходящие до отметки верхней траверсы. Конструкция тросостойки на этих опорах должна обеспечивать удобный подъем или иметь специальные ступеньки (степ-болты);

на каждой стойке металлических опор высотой до вершины опоры более 50 м должны быть установлены лестницы с ограждениями, доходящие до вершины опоры. При этом через каждые 15 м по вертикали должны быть выполнены площадки (трапы) с ограждениями. Трапы с ограждениями должны выполняться также на траверсах этих опор. На опорах со шпренгельными траверсами должна быть обеспечена возможность держаться за тягу при перемещении по траверсе;

на железобетонных опорах любой высоты должна быть обеспечена возможность подъема на нижнюю траверсу с телескопических вышек, по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных средств. Для подъема по железобетонной центрифугированной стойке выше нижней траверсы на опорах ВЛ 35–750 кВ должны быть предусмотрены стационарные лазы (лестницы без ограждений и т. п.). Удобный подъем на тросостойки и металлические вертикальные части стоек железобетонных опор ВЛ 35–750 кВ должны обеспечивать их конструкция или специальные ступеньки (степ-болты);

железобетонные опоры, не допускающие подъема по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств (опоры с оттяжками или внутренними связями, закрепленными на стойке ниже нижней траверсы и т. п.), должны быть снабжены стационарными лестницами без ограждений, доходящими до нижней траверсы (2.5.149).

Большие переходы

Вопрос. Чем должен быть ограничен участок большого перехода?

Ответ. Должен быть ограничен концевыми опорами (концевыми устройствами в виде бетонных якорей и др.), выделяющими большой переход в самостоятельную часть ВЛ, прочность и устойчивость которой не зависит от влияния смежных участков ВЛ (2.5.150).

Вопрос. Какими могут быть опоры в зависимости от типа крепления проводов?

Ответ. Опоры, устанавливаемые между концевыми (К) опорами (устройствами), могут быть:

промежуточными (П) – с креплением всех проводов на опоре с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов;

анкерными (А) – с креплением всех проводов на опоре с помощью натяжных гирлянд изоляторов;

комбинированными (ПА) – со смешанным креплением проводов на опоре с помощью как поддерживающих, так и натяжных гирлянд изоляторов (2.5.151).

Вопрос. Какие схемы переходов могут применяться в зависимости от конкретных условий?

Ответ. Могут применяться следующие схемы переходов:

однопролетные на концевых опорах К–К;

двухпролетные с опорами К–П–К, К–ПА–К;

трехпролетные с опорами К–П–П–К, К–ПА–ПА–К;

четырехпролетные с опорами К–П–П–П–К, К–ПА–ПА–ПА–К (только для нормативной толщины стенки гололеда 15 мм и менее и длин переходных пролетов не более 1100 м);

многопролетные с опорами К–А ... А–К;

при применении опор П пли ПА переход должен быть разделен опорами А на участки с числом опор П или ПА на каждом участке не более двух, то есть К–П–П–А ... А–П–П–К, К–ПА–ПА–А ... А–ПА–ПА–К (или не более трех четырехпролетных) (2.5.153).

Вопрос. Как могут быть выполнены переходы?

Ответ. Могут выполняться одноцепными и двухцепными.

Двухцепными рекомендуется выполнять переходы в населенной местности, в районах промышленной застройки, а также при потребности в перспективе второго перехода в ненаселенной или труднодоступной местности (2.5.155).

Вопрос. Какими должны быть расстояния между соседними ярусами промежуточных переходных опор высотой более 50 м и смещение по горизонтали для обеспечения нормальной работы проводов в пролете в любом районе по пляске проводов?

Ответ. Должны быть следующими (2.5.159):

расстояния, м, не менее	7,5	8	9	11	14	18
смещение по горизонтали, м, не менее	2	2	2,5	3,5	5	7
ВЛ напряжением, кВ	35–110	150	220	330	500	750

Вопрос. Каким должно быть расстояние между осями фаз разных цепей?

Ответ. Должно быть не менее указанных ниже (2.5.160):

расстояние между осями фаз, м	8	9	10	12	15	19
ВЛ напряжением, кВ	35–110	150	220	330	500	750

Вопрос. Как должны быть защищены от вибрации одиночные и расщепленные провода и тросы?

Ответ. Должны быть защищены установкой с каждой стороны переходного пролета длиной до 500 м – одного гасителя вибрации на каждом проводе и тросе и длиной от 500 до 1500 м – не менее двух разнотипных гасителей вибраций на каждом проводе и тросе.

Защита от вибрации проводов и тросов в пролетах длиной более 1500 м, а также независимо от длины пролета для проводов диаметром более 38 мм и проводов с тяжением (при среднегодовой температуре) более 180 кН должна производиться по специальному проекту (2.5.163).

Вопрос. Какие изоляторы должны применяться на переходах ВЛ?

Ответ. Должны применяться, как правило, стеклянные изоляторы (2.5.164).

Вопрос. Чем необходимо руководствоваться при выполнении защиты переходов ВЛ 110–750 кВ от грозовых перенапряжений?

Ответ. Необходимо руководствоваться следующим:

все переходы следует защищать от прямых ударов молнии тросами;

количество тросов должно быть не менее двух с углом защиты по отношению к крайним проводам не более 20°. При расположении перехода за пределами длины защищаемого подхода ВЛ к РУ и подстанциям с повышенным защитным уровнем в районах по гололеду III и более, а также в районах с частой и интенсивной пляской проводов допускается угол защиты до 30°;

рекомендуется установка защитных аппаратов на переходах с пролетами длиной выше 1000 м или с высотой опор выше 100 м;

горизонтальное смещение троса от центра крайней фазы должно быть не менее: 1,5 м – для ВЛ 110 кВ; 2 м – для ВЛ 150 кВ; 2,5 м – для ВЛ 220 кВ; 3,5 м – для ВЛ 330 кВ и 4 м – для ВЛ 500–750 кВ (2.5.169).

Вопрос. Каким должно быть допустимое наименьшее изоляционное расстояние по воздуху от токоведущих частей до заземленных частей опоры для обеспечения безопасного перемещения обслуживающего персонала по траверсам переходных опор высотой более 50 м с расположение фаз в разных ярусах?

Ответ. Должно быть не менее: 3,3 м – для ВЛ до 110 кВ; 3,8 м – для ВЛ 150 кВ; 4,3 м – для ВЛ 220 кВ; 5,3 м – для ВЛ 330 кВ; 6,3 м – для ВЛ 500 кВ; 7,6 м – для ВЛ 750 кВ (2.5.172).

Вопрос. Как должны рассчитываться промежуточные и комбинированные опоры (П и ПА) с креплением проводов с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов?

Ответ. Должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на следующие условия:

оборваны одиночный провод или все провода одной фазы одного пролета, тросы не оборваны (одноцепные опоры);

оборваны провода двух фаз одного пролета, тросы не оборваны (двухцепные опоры, а также одноцепные со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником сечением алюминиевой части для обоих типов проводов до 150 мм^2);

оборван один трос одного пролета (при расщеплении троса – все его составляющие), провода независимо от марок и сечений не оборваны (2.5.175).

Вопрос. Как должны рассчитываться опоры анкерного типа?

Ответ. Должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на обрыв тех фаз или того троса, при обрыве которых усилия в рассматриваемых элементах получаются наибольшими. Расчет производится на следующие условия:

оборваны провод или провода одной фазы одного пролета, тросы не оборваны (одноцепные опоры со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником сечением алюминиевой части для обоих типов проводов 185 мм^2 и более, а также со стальными канатами всех сечений, используемых в качестве проводов);

оборваны провода двух фаз одного пролета, тросы не оборваны (двухцепные опоры, а также одноцепные опоры со сталеалюминиевыми проводами и провода из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником сечением алюминиевой части для обоих типов проводов до 150 мм^2);

оборван один трос одного пролета (при расщеплении троса – все его составляющие), провода независимо от марок и сечений не оборваны.

При определении усилий в элементах опоры учитываются условные нагрузки или неуравновешенные тяжения, возникающие при обрывах тех проводов или тросов, при которых эти усилия имеют наибольшие значения (2.5.176).

Подвеска волоконно-оптических линий связи на ВЛ

Вопрос. Какая линия называется волоконно-оптической линией связи на воздушных линиях электропередачи (ВОЛС-ВЛ)?

Ответ. Называется линия связи, для передачи информации по которой служит ОК, размещаемый на элементах ВЛ (2.5.178).

Вопрос. На размещение каких ОК на ВЛ распространяются требования настоящих Правил?

Ответ. Распространяются на размещение ОК следующих типов:

ОКГТ – оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос;

ОКФП – оптический кабель, встроенный в фазный провод;

ОКСН – оптический кабель самонесущий неметаллический;

ОКНН – оптический кабель неметаллический, прикрепляемый или навиваемый на грозозащитный трос или фазный провод (2.5.179).

Вопрос. Каким требованиям должны удовлетворять ОК, размещаемые на элементах ВЛ?

Ответ. Должны удовлетворять требованиям:

механической прочности;

термической стойкости;

стойкости к воздействию грозовых перенапряжений;

обеспечения нагрузок на оптические волокна, не превышающих допускаемые;

стойкости к воздействию электрического поля (2.5.184).

Вопрос. По какому методу должен производиться механический расчет ОКГТ, ОКФП, ОКСН?

Ответ. Должен производиться на расчетные нагрузки по методу допускаемых напряжений с учетом вытяжки кабелей и допустимых нагрузок на оптическое волокно (2.5.185).

Вопрос. В каких местах ВЛ должен быть заземлен ОКГТ?

Ответ. Независимо от напряжения ВЛ ОКГТ должен быть заземлен, как правило, на каждой опоре (2.5.190).

Вопрос. На какие показатели следует проверять ОКФП и ОКНН (при подвеске на фазном проводе)?

Ответ. Следует проверять на работоспособность по температурному режиму при температурах провода, возникающих при его нагреве наибольшим рабочим током линии (2.5.193).

Вопрос. В каких случаях и на какие показатели следует проверять ОКНН?

Ответ. Следует проверять:

при подвеске на фазном проводе – на стойкость при воздействии электрического поля проводов;

при подвеске на грозозащитном тросс – на стойкость к воздействию электрического напряжения, наведенного на тросс, и прямых ударов молнии в трос (2.5.195).

Вопрос. Исходя из каких условий определяется место крепления ОКСН на опоре с учетом его вытяжки в процессе эксплуатации?

Ответ. Определяется исходя из условий:

стойкости оболочки к воздействию электрического поля;

обеспечения наименьшего расстояния до поверхности земли не менее 5 м независимо от напряжения ВЛ и вида местности;

обеспечения расстояний от ОКСН до фазных проводов на опоре не менее 0,6 м для ВЛ напряжением до 35 кВ; 1 м – 110 кВ; 1,5 м – 150 кВ; 2 м – 220 кВ; 2,5 м – 330 кВ; 3,5 м – 500 кВ; 5 м – 750 кВ при отсутствии гололеда и ветра.

С учетом указанных условий ОКСН может размещаться как выше фазных проводов, так и между фазами или ниже фазных проводов (2.5.197).

Вопрос. Какие наименьшие расстояния должны быть обеспечены при креплении ОКНН к фазному проводу?

Ответ. Наименьшие расстояния от провода с прикрепленным или навитым ОК до конструкции опоры нормированы в табл. 2.5.27 Правил, а расстояния до земли, инженерных сооружений и естественных препятствий – в табл. 2.5.20–2.5.25, 2.5.30, 2.5.31, 2.5.34–2.5.40 Правил (2.5.198).

Вопрос. Какие постоянные знаки должны быть дополнительно нанесены на опорах ВЛ при размещении на них муфт ОК?

Ответ. Должны быть дополнительно нанесены следующие постоянные знаки:

условное обозначение ВОЛС;

номер соединительной муфты (2.5.200).

Прохождение ВЛ по ненаселенной и труднодоступной местности

Вопрос. Какими должны приниматься расстояния от проводов ВЛ по поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности в нормальном режиме ВЛ?

Ответ. Должны приниматься не менее приведенных в табл. 2.5.20 Правил (2.5.201).

Вопрос. Каким должно быть наименьшее расстояние по вертикали от проводов до поверхности земли в местах пересечения ВЛ со скотопрогонами?

Ответ. Должно быть не менее чем при пересечении с автомобильными дорогами (2.5.203).

Вопрос. Каким должно быть наименьшее расстояние по вертикали от проводов при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током до подъемной или выдвижной частей землеройных машин, располагаемых на дамбе или берме каналов, в рабочем положении или до габаритов землесосов при наибольшем уровне высоких вод в местах пересечения ВЛ с мелиоративными каналами?

Ответ. Должно быть не менее: 2 м – для ВЛ напряжением до 20 кВ; 4 м – для ВЛ 35–110 кВ; 5 м – для ВЛ 150–220 кВ; 6 м – для ВЛ 330 кВ; 9 м – для ВЛ 500–750 кВ (2.5.204).

Вопрос. Каковы требования Правил к заземлению шпалерной проволоки для подвески винограда, хмеля и других аналогичных сельскохозяйственных культур, пересекаемой ВЛ напряжением 110 кВ и выше под углом менее 70°?

Ответ. Должна быть заземлена через каждые 50–70 м длины в пределах охранной зоны ВЛ. Сопротивление заземления не нормируется (2.5.205).

Прохождение ВЛ по насаждениям

Вопрос. Что следует понимать под насаждениями?

Ответ. Следует понимать естественные и искусственные древостои и кустарники, а также сады и парки (2.5.206).

Вопрос. Какой принимается ширина просек в насаждениях с перспективной высотой пород до 4 м?

Ответ. Принимается равной расстоянию между крайними проводами ВД плюс по 3 м в каждую сторону от крайних проводов.

При прохождении ВЛ по территории фруктовых садов вырубка просек не обязательна (2.5.207).

Вопрос. Каким должно быть наименьшее расстояние по горизонтали между проводами ВЛ и кронами деревьев?

Ответ. Должно быть не менее приведенных в табл. 2.5.21 (2.5.207).

Таблица 2.5.21

Наименьшее расстояние по горизонтали между проводами ВЛ и кронами деревьев

Напряжение ВЛ, кВ	До 20	35–110	150–220	330–500	750
Наименьшее расстояние, м	3	4	5	6	7

Вопрос. Какие работы следует произвести по всей ширине просеки по трассе ВЛ?

Ответ. Должны быть произведены ее очистка от вырубленных деревьев и кустарников, корчевка пней или срезка их под уровень земли и рекультивация (2.5.209).

Прохождение ВЛ по населенной местности

Вопрос. Какими должны приниматься наименьшие расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли в населенной местности в нормальном режиме работы ВЛ?

Ответ. Должны приниматься не менее приведенных в табл. 2.5.22 (2.5.212).

Таблица 2.5.22

Наименьшее расстояние по вертикали от проводов ВЛ до поверхности земли, производственных зданий и сооружений в населенной местности

Условия работы ВЛ	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ							
	ВЛЗ	до 35	110	150	220	330	500	750
Нормальный режим:								
до поверхности земли	6	7	7	7,5	8	11	15,5	23
до производственных зданий и сооружений	3	3	4	4	5	7,5	8	12
Обрыв провода в смежном пролете до поверхности земли	5,0	5,5	5,5	5,5	5,5	6	–	–

Вопрос. Каким должно быть расстояние по горизонтали от основания опоры ВЛ до кювета или бортового камня проезжей части улицы (проезда)?

Ответ. Должно быть не менее 2,0 м; расстояние до тротуаров и пешеходных дорожек не нормируется (2.5.214).

Вопрос. Допускается ли прохождение ВЛ над зданиями и сооружениями?

Ответ. Как правило, не допускается. Допускается прохождение ВЛ над производственными зданиями и сооружениями промышленных предприятий I и II степени огнестойкости в соответствии со строительными нормами и правилами по пожарной безопасности зданий и сооружений с кровлей из негорючих материалов. При этом расстояние по вертикали от проводов ВЛ до вышеуказанных зданий и сооружений при наибольшей стреле провеса должно быть не менее приведенных в табл. 2.5.22 (2.5.215).

Вопрос. Какими должны быть расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ напряжением до 220 кВ при наибольшем их отклонении до ближайших частей производственных, складских, административно-бытовых и общественных зданий и сооружений?

Ответ. Должны быть не менее: 2 м – для ВЛ напряжением до 20 кВ, 4 м – для ВЛ 35–110 кВ; 5 м – для ВЛ 150 кВ и 6 м – для ВЛ 220 кВ (2.5.216).

Вопрос. Какими должны быть расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ напряжением 330 кВ и выше?

Ответ. Должны быть не менее:

до ближайших частей непроизводственных и производственных зданий и сооружений электрических станций и подстанций при наибольшем отклонении проводов: 8 м – для ВЛ 330 кВ; 10 м – для ВЛ 500–750 кВ;

до ближайших частей производственных, складских, административно-бытовых и общественных зданий и сооружений (кроме электрических станций и подстанций) при неотклоненном положении проводов: 20 м – для ВЛ 330 кВ; 30 м – для ВЛ 500 кВ; 40 м – для ВЛ 750 кВ.

Прохождение ВЛ по территориям стадионов, учебных и детских учреждений не допускается (2.5.216).

Вопрос. Какими должны быть расстояния от отклоненных проводов ВЛ, расположенных вдоль улиц, в парках и садах, до деревьев, а также до тросов подвески дорожных знаков?

Ответ. Должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.21 (2.5.17).

Пересечение и сближение ВЛ между собой

Вопрос. Где должно выбираться место пересечения?

Ответ. Должно выбираться возможно ближе к опоре верхней (пересекающей) ВЛ (ВЛЗ). Расстояния от проводов нижней (пересекаемой) ВЛ до опор верхней (пересекающей) ВЛ по горизонтали и от проводов верхней (пересекающей) ВЛ до опор нижней (пересекаемой) ВЛ в свету должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.23, а также не менее 1,5 м для ВЛЗ и 0,5 м для ВЛИ.

Допускается выполнение пересечений ВЛ и ВЛЗ между собой и с ВЛ (ВЛИ) напряжением до 1 кВ на общей опоре (2.5.221).

Таблица 2.5.23

Наименьшее расстояние между проводами и опорами пересекающихся ВЛ

Напряжение ВЛ, кВ	Наименьшее расстояние от проводов до ближайшей части опоры, м	
	при наибольшем отклонении проводов	при неотклоненном положении проводов
До 330	3	6
500	4	10
750	6	15

Вопрос. Какого типа должны быть опоры и провода пересекаемых ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, при пересечении ВЛ 500–750 кВ с ВЛ 6–20 кВ и ВЛ (ВЛИ) до 1 кВ?

Ответ. Опоры должны быть анкерного типа. Провода пересекаемых ВЛ в пролете пересечения должны быть:

сталеалюминиевыми площадью сечения не менее 70 мм² по алюминию – для ВЛ 6–20 кВ;

сталеалюминиевыми площадью сечения по алюминию не менее 70 мм² или из термоупроченного алюминиевого сплава площадью сечения не менее 70 мм² – для ВЛЗ 6–20 кВ;

алюминиевыми площадью сечения не менее 50 мм² – для ВЛ до 1 кВ;

жгут СИП без несущего нулевого провода с площадью сечения фазной жилы не менее 25 мм² или с несущим проводом из термообработанного алюминиевого сплава площадью сечения не менее 50 мм² (2.5.223).

Вопрос. Как должны крепиться провода на опорах в пролетах пересечений?

Ответ. Должны крепиться с помощью:

подвесных стеклянных изоляторов – для ВЛ (ВЛЗ) 6–20 кВ;

штыревых изоляторов с двойным креплением к ним – для ВЛ до 1 кВ;

натяжных анкерных зажимов – для ВЛИ (2.5.223).

Вопрос. Каковы требования Правил в части взаимного расположения проводов ВЛ разных напряжений?

Ответ. Провода ВЛ более высокого напряжения, как правило, должны быть расположены выше проводов пересекаемых ВЛ более низкого напряжения. Допускается как исключение прохождение ВЛ 35 кВ и выше с проводами площадью сечения алюминиевой части 120 мм^2 и более над проводами ВЛ более высокого напряжения, но не выше 220 кВ (в городах и поселках городского типа допускается прохождение ВЛИ или ВЛ с изолированными проводами напряжением до 1 кВ над проводами ВЛ напряжением до 20 кВ). При этом прохождение ВЛ более низкого напряжения над проводами двухцепных ВЛ более высокого напряжения не допускается (2.5.225).

Вопрос. Какими должны приниматься наименьшие расстояния между ближайшими проводами (или проводами и тросами) пересекающихся ВЛ?

Ответ. Должны приниматься не менее приведенных в табл. 2.5.24 Правил.

Расстояние по вертикали между ближайшими проводами пересекающей ВЛЗ и пересекаемой ВЛИ при температуре воздуха +15 °С без ветра должно быть не менее 1 м (2.5.227).

Вопрос. Каковы требования Правил к заземлению опор и установке защитных аппаратов на ВЛ с деревянными опорами, не защищенных тросами, при пересечении их с ВЛ 750 кВ?

Ответ. Металлические детали для крепления проводов (крюки, штыри, оголовки) должны быть заземлены на опорах, ограничивающих пролет пересечения, а количество подвесных изоляторов в гирляндах должно соответствовать изоляции для металлических опор. При этом на опорах ВЛ 35–220 кВ должны быть установлены защитные аппараты.

Если расстояние от места пересечения до ближайших опор пересекающихся ВЛ составляет более 40 м, допускается защитные аппараты не устанавливать, а заземление деталей крепления проводов на опорах ВЛ 35 кВ и выше не требуется (2.5.229).

Вопрос. Какими должны быть расстояния по горизонтали при параллельном следовании и сближении ВЛ одного напряжения между собой или с ВЛ других напряжений?

Ответ. Должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.25 Правил и приниматься по ВЛ более высокого напряжения.

Указанные расстояния подлежат дополнительной проверке:

на непревышение смещения нейтрали более 15 % фазного напряжения в нормальном режиме работы ВЛ до 35 кВ с изолированной нейтралью за счет электромагнитного и электростатического влияния ВЛ более высокого напряжения;

на исключение возможности развития в отключенном положении ВЛ 500–750 кВ, оборудованных компенсирующими устройствами (шунтирующими реакторами, синхронными или тиристорными статическими компенсаторами и др.), резонансных перенапряжений (2.5.230).

Пересечение и сближение ВЛ с сооружениями связи, сигнализации и проводного вещания

Вопрос. По каким вариантам должно быть выполнено пересечение ВЛ напряжением до 35 кВ с ЛС и ЛПВ?

Ответ. Должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС и ЛПВ;

проводами ВЛ и воздушным кабелем ЛС и ЛПВ;

подземной кабельной вставкой в ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ;

проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ (2.5.231).

Вопрос. В каких случаях может применяться пересечение ВЛ напряжением до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ?

Ответ. Может применяться в следующих случаях:

если невозможно проложить ни подземный кабель ЛС и ЛПВ, ни кабель ВЛ;

если применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного или переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС;

если при применении кабельной вставки в ЛПВ общая длина кабельных вставок в линию превышает допустимые значения;

если на ВЛ применены подвесные изоляторы. При этом ВЛ на участке пересечения с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ выполняются с повышенной механической прочностью проводов и опор (2.5.232).

Вопрос. По каким вариантам должно быть выполнено пересечение ВЛ 110–500 кВ с ЛС и ЛПВ?

Ответ. Должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС и ЛПВ;

проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ (2.5.233).

Вопрос. Следует ли применять кабельные вставки при пересечении ВЛ 110–500 кВ с воздушными проводами ЛС и ЛПВ?

Ответ. Применять кабельные вставки не следует, если:

применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного усилительного пункта на ЛС, а отказ от применения этой кабельной вставки не приведет к увеличению мешающего влияния ВЛ на ЛС сверх допустимого нормативного значения;

применение кабельной вставки в ЛПВ приведет к превышению суммарной допустимой длины кабельных вставок в линии, а отказ от этой кабельной вставки не приведет к увеличению мешающего влияния ВЛ на ЛПВ сверх допустимого значения (2.5.235).

Вопрос. Допускаются ли пересечения проводов ВЛ с воздушными линиями городской телефонной связи?

Ответ. Такие пересечения не допускаются; эти линии в пролете пересечения с проводами ВЛ должны выполняться только подземными кабелями (2.5.237).

Вопрос. Какие должны соблюдаться требования при пересечении ВЛ с подземным кабелем связи и ЛПВ (или с подземной кабельной вставкой)?

Ответ. Должны соблюдаться следующие требования:

угол пересечения ВЛ до 500 кВ с ЛС и ЛПВ не нормируется, угол пересечения ВЛ 750 кВ с ЛС и ЛПВ должен быть по возможности близок к 90°, но не менее 45°;

расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛПВ до ближайшего заземлителя опоры ВЛ напряжением до 35 кВ или ее подземной металлической или железобетонной части должно быть не менее: в населенной местности – 3 м; в ненаселенной местности – расстояний, приведенных в табл. 2.5.26 Правил;

расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛПВ до ближайшего заземлителя опоры ВЛ 110 кВ и выше и ее подземной части должно быть не менее значений, приведенных в табл. 2.5.26 Правил;

при прокладке подземного кабеля (кабельной вставки) в стальных трубах, или при покрытии его швеллером, уголком, или при прокладке его в полиэтиленовой трубе, закрытой с обеих сторон от попадания земли, на длине, равной расстоянию между проводами ВЛ плюс 10 м с каждой стороны от крайних проводов для ВЛ до 500 кВ и 15 м для ВЛ 750 кВ, допускается уменьшение указанных в табл. 2.5.26 расстояний до 5 м для ВЛ до 500 кВ и до 10 м для ВЛ 750 кВ. Металлические покровы кабеля в этом случае следует соединять с трубой или другими металлическими защитными элементами;

вместо применения швеллера, уголка или стальной трубы допускается при строительстве новой ВЛ использовать два стальных троса сечением 70 мм², прокладываемых симметрично на расстоянии не более 0,5 м от кабеля и на глубине 0,4 м. Тросы должны быть продлены с обеих сторон под углом 45° к трассе в сторону опоры ВЛ и заземлены на сопротивление не более 30 Ом. Соотношения между длиной отвода тросов и сопротивлением заземлителя должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2.5.27 Правил;

в пролете пересечения ВЛ и ЛС и ЛПВ крепление проводов ВЛ на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должно осуществляться с помощью глухих зажимов, не допускающих падения проводов на землю в случае их обрыва в соседних пролетах (2.5.238).

Вопрос. Какие требования должны соблюдаться при пересечении подземной кабельной вставки в ВЛ напряжением до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ?

Ответ. Должны соблюдаться следующие требования:

угол пересечения подземной кабельной вставки в ВЛ с ЛС и ЛПВ не нормируется;

расстояние от подземной кабельной вставки до незаземленной опоры ЛС и ЛПВ должно быть не менее 2 м, а до заземленной опоры ЛС (ЛПВ) и ее заземлителя – не менее 10 м;

расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ до проекции проводов ЛС и ЛПВ должно выбираться в соответствии с требованиями п. 2.5.236 Правил;

подземные кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями настоящих Правил (2.5.239).

Вопрос. Какие требования необходимо соблюдать при пересечении проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ?

Ответ. Необходимо соблюдать следующие требования:

угол пересечения проводов ВЛ с проводами ЛС и ЛПВ должен быть по возможности близок к 90°. Для стесненных условий угол не нормируется;

место пересечения следует выбирать по возможности ближе к опоре ВЛ. При этом расстояние по горизонтали от ближайшей части опоры ВЛ до проводов ЛС и ЛПВ должно быть не менее 7 м, а от опор ЛС и ЛПВ до проекции на горизонтальную плоскость ближайшего неотклоненного провода ВЛ должно быть не менее 15 м. Расстояние в свету от вершин опор ЛС и ЛПВ до неотклоненных проводов ВЛ должно быть не менее: 15 м – для ВЛ до 330 кВ, 20 м – для ВЛ 500 кВ;

не допускается расположение опор ЛС и ЛПВ под проводами пересекающей ВЛ;

опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС и ЛПВ, должны быть анкерного типа облегченной конструкции из любого материала, как свободностоящие, так и на оттяжках. Деревянные опоры должны быть усилены дополнительными приставками или подкосами;

пересечения можно выполнять на промежуточных опорах при условии применения на ВЛ проводов с площадью сечения алюминиевой части не менее 120 мм²;

провода ВЛ должны быть расположены над проводами ЛС и ЛПВ и должны быть многопроволочными сечениями не менее приведенных в табл. 2.5.5 Правил;

провода ЛС и ЛПВ в пролете пересечения не должны иметь соединений;

в пролете пересечения ВЛ с ЛС и ЛПВ на промежуточных опорах ВЛ крепление проводов на опорах должно осуществляться только с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов с глухими зажимами;

изменение места установки опор ЛС и ЛПВ, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, допускается при условии, что отклонение средней длины элемента скрещивания на ЛС и ЛПВ не будет превышать значений, указанных в табл. 2.5.28 Правил;

длины пролетов ЛС и ЛПВ в месте пересечения с ВЛ не должны превышать значений, указанных в табл. 2.5.29 Правил;

опоры ЛС и ЛПВ, ограничивающие пролет пересечения или смежные с ним и находящиеся на обочине автомобильной дороги, должны быть защищены от наездов транспортных средств;

провода на опорах ЛС и ЛПВ, ограничивающие пролет пересечения с ВЛ, должны иметь двойное крепление: при траверсном профиле – только на верхней траверсе, при крюковом профиле – на двух верхних цепях;

расстояния по вертикали от проводов ВЛ до пересекаемых проводов ЛС и ЛПВ в нормальном режиме ВЛ и при обрыве проводов в смежных пролетах ВЛ должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.30 Правил;

на деревянных опорах ВЛ без грозозащитного троса, ограничивающих пролет пересечения с ЛС и ЛПВ, при расстояниях между проводами пересекающихся линий менее указанных в табл. 2.5.30 Правил на ВЛ должны устанавливаться защитные аппараты;

на деревянных опорах ЛС и ЛПВ, ограничивающих пролет пересечения, должны устанавливаться молниеотводы в соответствии с требованиями нормативной документации на ЛС и ЛПВ (2.5.240).

Вопрос. Допускается ли совместная подвеска проводов ВЛ и проводов ЛС и ЛПВ на общих опорах?

Ответ. Не допускается. Это требование не распространяется на специальные ОК, которые подвешиваются на конструкциях ВЛ (2.5.241).

Вопрос. Какими должны быть наименьшие расстояния от крайних неотклоненных проводов ВЛ до опор ЛС и ЛПВ при сближении ВЛ с воздушными ЛС и ЛПВ?

Ответ. Должны быть не менее высоты наиболее высокой опоры ВЛ, а на участках стесненной трассы расстояние от крайних проводов ВЛ при наибольшем отклонении их ветром расстояния должны быть не менее значений, указанных в табл. 2.5.31 Правил. При этом расстояние в свету от ближайшего неотклоненного провода ВЛ до вершин опор ЛС и ЛПВ должно быть не менее: 15 м – для ВЛ до 330 кВ, 20 м – для ВЛ 500 кВ, 30 м – для ВЛ 750 кВ (2.5.243).

Пересечение и сближение ВЛ с железными дорогами

Вопрос. Как следует выполнять пересечение ВЛ с железными дорогами?

Ответ. Следует выполнять, как правило, воздушными переходами. На железных дорогах с особо интенсивным движением и в некоторых технически обоснованных случаях (например, при переходе через насыпи, на железнодорожных станциях или в местах, где устройство воздушных переходов технически затруднено) переходы ВЛ следует выполнять кабелем.

Пересечение ВЛ с железными дорогами в горловинах железнодорожных станций и в местах сопряжения анкерных участков контактной сети запрещается (2.5.249).

Вопрос. Какими должны быть расстояния от основания опоры ВЛ до габарита приближения строений на неэлектрифицированных железных дорогах или до оси опор контактной сети электрифицированных или подлежащих электрификации дорог при пересечении и сближений ВЛ с железными дорогами?

Ответ. Должны быть не менее высоты опоры плюс 3 м. На участках стесненной трассы допускается эти расстояния принимать не менее: 3 м – для ВЛ до 20 кВ; 6 м – для ВЛ 35–150 кВ; 8 м – для ВЛ 220–330 кВ; 10 м – для ВЛ 500 кВ и 20 м – для ВЛ 750 кВ (2.5.250).

Вопрос. Какими должны быть расстояния при пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами от проводов до различных элементов железной дороги?

Ответ. Должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.34 Правил. При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами, вдоль которых проходят линии связи и сигнализации, необходимо руководствоваться также требованиями, предъявляемыми к пересечениям и сближениям ВЛ с сооружениями связи (2.5.251).

Вопрос. Какой конструкции должны быть опоры при пересечении ВЛ электрифицированных и подлежащих электрификации железных дорог общего пользования?

Ответ. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции. На участках с особо интенсивным и интенсивным движением поездов эти опоры должны быть металлическими.

Применение опор из любого материала с оттяжками и деревянных одностоечных опор не допускается. Деревянные промежуточные опоры должны быть П-образными или А-образными (2.5.252).

Вопрос. Какими должны быть натяжные гирлянды изоляторов для проводов на ВЛ с подвесными изоляторами и нерасщепленным проводом в фазе?

Ответ. Должны быть двухцепными с раздельным креплением каждой цепи к опоре (2.5.253).

Пересечение и сближение ВЛ с автомобильными дорогами

Вопрос. На какие пересечения и сближения ВЛ с автомобильными дорогами распространяются требования настоящего раздела Правил?

Ответ. Распространяются на пересечения и сближения с автомобильными дорогами:

общего пользования и подъездными к промпредприятиям (категорий IA, IБ, II–V по строительным нормам и правилам на автомобильные дороги);

внутрихозяйственными в сельскохозяйственных предприятиях (категорий I-С–III-С по строительным нормам и правилам на внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и организациях) (2.5.256).

Вопрос. Какими по конструкции должны быть опоры ВЛ при пересечении автомобильных дорог категорий IA и IБ?

Ответ. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа нормальной конструкции.

При пересечении автомобильных дорог категорий II–V, I-С–III-С опоры, ограничивающие пролет пересечения, могут быть анкерного типа облегченной конструкции или промежуточными (2.5.257).

Вопрос. Какими должны быть расстояния при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами?

Ответ. Должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.35 Правил (2.5.258).

Вопрос. Какие дорожные знаки должны устанавливаться в местах пересечения ВЛ с автомобильными дорогами?

Ответ. Должны устанавливаться дорожные знаки с обеих сторон ВЛ в соответствии с требованиями ГОСТ. В местах пересечения ВЛ напряжением 330 кВ и выше с автомобильными дорогами с обеих сторон ВЛ на дорогах должны устанавливаться дорожные знаки, запрещающие остановку транспорта в охранных зонах этих линий.

Подвеска дорожных знаков на тросах-растяжках в пределах охранных зон ВЛ не допускается (2.5.260).

Вопрос. Что необходимо применять для предотвращения наездов транспортных средств на опоры ВЛ, расположенные на расстоянии менее 4 м от кромки проезжей части?

Ответ. Должны применяться дорожные ограждения I группы согласно строительным нормам и правилам на автомобильные дороги (2.5.262).

Пересечение, сближение или параллельное следование ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями

Вопрос. Каким следует принимать угол пересечения ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями?

Ответ. Следует принимать близким 90°, но не менее 60° (2.5.264).

Вопрос. Какой конструкции должны быть опоры ВЛ при пересечении троллейбусных и трамвайных линий?

Ответ. Опоры, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции.

Для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части 120 мм² и более или со стальными канатами сечением 50 мм² и более допускаются также промежуточные опоры с подвеской проводов в глухих зажимах или с двойным креплением на штыревых изоляторах (2.5.265).

Вопрос. Какими должны приниматься наименьшие расстояния от проводов ВЛ при пересечении, сближении или параллельном следовании с троллейбусными и трамвайными линиями в нормальном режиме работы ВЛ?

Ответ. Должны приниматься не менее приведенных в табл. 2.5.36 Правил; расстояния по вертикали от проводов ВЛ площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм² также должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.36 Правил (2.5.266).

Вопрос. При каких расстояниях по вертикали от проводов ВЛ до верха опор контактной сети допускается размещение проводов пересекающей ВЛ над опорами контактной сети?

Ответ. Допускается при расстояниях не менее: 7 м – для ВЛ напряжением до 110 кВ; 8 м – для ВЛ 150– 220 кВ; 9 м – для ВЛ 330–500 кВ (2.5.267).

Пересечение ВЛ с водными пространствами

Вопрос. Какими должны быть опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, при пересечении судоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ независимо от длины пролета пересечения, а также несудоходных участков водных пространств с пролетом пересечения более 700 м (большие переходы)?

Ответ. Должны быть анкерными концевыми. Для ВЛ со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником с площадью сечения алюминиевой части для обоих типов проводов 120 мм² и более или стальными канатами площадью сечения 50 мм² и более допускается применение промежуточных опор и анкерных опор облегченного типа (2.5.269).

Вопрос. Как определяется расстояние от нижней точки провеса проводов ВЛ в нормальном и аварийном режимах до уровня высоких (паводковых) вод на судоходных участках рек, каналов, озер и водохранилищ?

Ответ. Определяется как сумма максимального габарита судов и наименьшего расстояния от проводов ВЛ до габарита судов по табл. 2.5.37 Правил.

Стрела провеса при этом определяется при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током.

Расстояния от нижней точки провеса провода ВЛ до уровня льда должны быть не менее указанных в табл. 2.5.37 Правил (2.5.270).

Вопрос. Какими должны быть расстояния от нижней точки провеса проводов ВЛ в нормальном режиме до уровня высоких (паводковых) вод на несудоходных участках рек, каналов, озер и водохранилищ?

Ответ. Должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.37 Правил. Стрела провеса при этом определяется при температуре воздуха 15 °С без учета нагрева проводов электрическим током.

Расстояния от нижней точки провеса проводов до уровня льда должны быть не менее указанных в табл. 2.5.37 Правил (2.5.271).

Вопрос. Как и в каких местах должны быть обозначены места пересечения ВЛ с судоходными и сплавными реками, озерами, водохранилищами и каналами?

Ответ. Должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками в соответствии с правилами плавания по внутренним водным путям.

Знаки «Соблюдай надводный габарит» устанавливаются по одному на каждом берегу на расстоянии 100 м выше или ниже (по течению) оси воздушного перехода. При ширине реки до 100 м щиты знаков устанавливаются непосредственно на опоре ВЛ на высоте не менее 5 м.

Предупреждающие навигационные знаки устанавливают владельцы ВЛ. Размеры знака, цвет и режим горения огней должны соответствовать ГОСТ (2.5.272).

Прохождение ВЛ по мостам

Вопрос. Допускается ли прокладка ВЛ напряжением 1 кВ и выше на всех мостах?

Ответ. Как правило, не допускается. При обоснованной необходимости допускается прохождение ВЛ по мостам, выполненным из негорючих материалов. При этом опоры или поддерживающие устройства, ограничивающие пролеты с берега на мост и через разводную часть моста, должны быть анкерными нормальной конструкции, все прочие поддерживающие

устройства на мостах могут быть промежуточного типа. На этих устройствах с поддерживающими гирляндами изоляторов провода должны быть подвешены в глухих зажимах. Применение штыревых изоляторов не допускается, кроме ВЛ3, где допускается их применение с креплением проводов спиральными пружинными вязками (2.5.273).

Вопрос. В каких местах допускается располагать провода на металлических железнодорожных мостах с ездой по низу, снабженных на всем протяжении верхними связями?

Ответ. Допускается располагать непосредственно над пролетным строением моста выше связей или за его пределами; располагать провода в пределах габарита приближения строений, а также в пределах ширины, занятой элементами контактной сети электрифицированных железных дорог, не допускается (2.5.274).

Прохождение ВЛ по плотинам и дамбам

Вопрос. Какими должны быть расстояния от проводов до различных частей плотин или дамб в нормальном режиме ВЛ при ее прохождении по плотинам, дамбам и т. п.?

Ответ. Любые расстояния должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.38 Правил (2.5.276).

Вопрос. Каким требованиям должна удовлетворять ВЛ при ее прохождении по плотинам и дамбам, по которым проложены пути сообщения?

Ответ. Должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к ВЛ при пересечении и сближении с соответствующими объектами путей сообщения.

При этом расстояния по горизонтали от любой части опоры до путей сообщения должны приниматься как для ВЛ на участках стесненной трассы. Расстояния до пешеходных дорожек и тротуаров не нормируются.

Располагать провода в пределах габарита приближения строений, а также в пределах ширины, занятой элементами контактной сети электрифицированных железных дорог, не допускается.

Допускается располагать провода в пределах полотна автомобильной дороги, пешеходных дорожек и тротуаров (2.5.277).

Сближение ВЛ со взрыво- и пожароопасными установками

Вопрос. Как должно выполняться сближение ВЛ со зданиями, сооружениями и наружными технологическими установками, связанными с добычей, транспортировкой, производством, изготовлением, использованием или хранением взрывоопасных, взрывопожароопасных и пожароопасных веществ, а также со взрыво- и пожароопасными зонами?

Ответ. Должно выполняться в соответствии с нормами, утвержденными в установленном порядке.

Если нормы сближения не предусмотрены нормативными документами, то расстояния от оси трассы ВЛ до указанных зданий, сооружений, наружных установок и зон должны составлять не менее полуторакратной высоты опоры (2.5.278).

Пересечение и сближение ВЛ с надземными и наземными трубопроводами, сооружениями транспорта нефти и газа и канатными дорогами

Вопрос. Каким рекомендуется принимать угол пересечения ВЛ с надземными и наземными газопроводами, нефтепроводами, нефтепродуктопроводами, трубопроводами сжиженных углеводородных газов, аммиакопроводами, а также с пассажирскими канатными дорогами?

Ответ. Рекомендуется принимать близким к 90°.

Угол пересечения ВЛ с надземными и наземными трубопроводами для транспорта негорючих жидкостей и газов, а также с промышленными канатными дорогами не нормируется (2.5.279).

Вопрос. Допускается ли пересечение ВЛ 110 кВ с надземными и наземными магистральными и промысловыми трубопроводами (в дальнейшем – магистральные трубопроводы) для транспорта горючих жидкостей и газов?

Ответ. Как правило, не допускается. Допускается пересечение таких ВЛ с действующими однониточными наземными магистральными трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов, а также с действующими техническими коридорам этих трубопроводов при прокладке трубопроводов в насыпи (2.5.280).

Вопрос. Чем следует защищать в пролетах пересечения с ВЛ надземные и наземные трубопроводы для транспорта горючих жидкостей и газов, кроме проложенных в насыпи?

Ответ. Следует защищать ограждениями, исключающими попадание проводов на трубопровод как при их обрыве, так и необорванных проводов при падении опор, ограничивающих пролет пересечения.

Ограждения должны быть рассчитаны на нагрузки от воздействия проводов при их обрыве или при падении опор ВЛ, ограничивающих пролет пересечения, и на термическую стойкость при протекании токов КЗ.

Ограждение должно выступать по обе стороны пересечения на расстояние, равное высоте опоры (2.5.280).

Вопрос. Какой конструкции должны быть опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с надземными и наземными трубопроводами, а также с канатными дорогами?

Ответ. Должны быть анкерными нормальной конструкции. Для ВЛ со сталеалюминиевыми проводами площадью сечения по алюминию 120 мм^2 и более или со стальными канатами площадью сечения 50 мм^2 и более, кроме пересечений с пассажирскими канатными дорогами, допускаются анкерные опоры облегченной конструкции или промежуточные опоры. Поддерживающие зажимы на промежуточных опорах должны быть глухими (2.5.281).

Вопрос. Требуется ли переустройство ВЛ при сооружении новых трубопроводов и канатных дорог под действующими ВЛ напряжением 500 кВ и выше?

Ответ. Переустройство ВЛ не требуется, если выдерживается расстояние в соответствии с табл. 2.5.39 Правил.

В пролетах пересечений ВЛ с трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов провода и тросы не должны иметь соединений (2.5.281).

Вопрос. Как должны располагаться провода ВЛ?

Ответ. Должны располагаться над надземными трубопроводами и канатными дорогами. В исключительных случаях допускается прохождение ВЛ напряжением до 220 кВ под канатными дорогами, которые должны иметь мостики или сетки для ограждения проводов ВЛ. Крепление мостиков и сеток на опорах ВЛ не допускается (2.5.282).

Вопрос. Что должно быть заземлено в пролетах пересечения с ВЛ?

Ответ. Должны быть заземлены металлические трубопроводы, кроме проложенных в насыпи, канатные дороги, а также ограждения, мостики и сетки. Сопротивление, обеспечиваемое применением искусственных заземлителей, должно быть не более 10 Ом (2.5.283).

Вопрос. Какими должны быть расстояния при пересечении, сближении и параллельном следовании с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами?

Ответ. Должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.39 Правил.

Расстояния по вертикали в нормальном режиме работы ВЛ также должны приниматься не менее значений, приведенных в табл. 2.5.39 Правил.

В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм² при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра; для ВЛ с проводами с площадью сечения алюминиевой части 185 мм² и более проверка при обрыве провода не требуется (2.5.284).

Вопрос. Каким следует принимать расстояние от крайних неотклоненных проводов ВЛ до продувочных свечей, устанавливаемых на магистральных газопроводах?

Ответ. Следует принимать не менее 300 м. На участках стесненной трассы ВЛ это расстояние может быть уменьшено до 150 м, кроме многоцепных ВЛ, расположенных как на общих, так и на раздельных опорах (2.5.285).

Пересечение и сближение ВЛ с подземными трубопроводами

Вопрос. Каким должен быть угол пересечения ВЛ с подземными магистральными трубопроводами?

Ответ. Угол пересечения ВЛ напряжением 110 кВ и выше с вновь сооружаемыми подземными магистральными трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов, а также с действующими техническими коридорами этих трубопроводов должен быть не менее 60°.

Угол пересечения ВЛ напряжением 35 кВ и ниже с подземными магистральными трубопроводами не нормируется (2.5.287).

Вопрос. Какими следует принимать расстояния от крайних неотклоненных проводов ВЛ до продувочных свечей, устанавливаемых на магистральных газопроводах, и до помещений со взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок?

Ответ. Следует принимать как для надземных и наземных трубопроводов в соответствии с п. 2.5.285 Правил и по табл. 2.5.39 Правил соответственно (2.5.289).

Сближение ВЛ с аэродромами и вертодромами

Вопрос. Какие опоры должны иметь дневную маркировку (окраску) и светоограждение?

Ответ. Должны иметь опоры ВЛ, расположенные на приаэродромной территории и на местности в пределах воздушных трасс и нарушающие или ухудшающие условия безопасности полетов, а также опоры высотой 100 м и более независимо от места их расположения – в соответствии с Руководством по эксплуатации гражданских аэродромов РФ (РЭГА РФ) (2.5.292).

Вопрос. Кто должен выполнять маркировку и светоограждение опор ВЛ?

Ответ. Должны выполнять предприятия и организации, которые их строят и эксплуатируют (2.5.292).

Вопрос. Какие условия следует соблюдать при выполнении дневной маркировки и светоограждения опор ВЛ?

Ответ. Необходимо соблюдать следующие условия:

дневная маркировка должна иметь два маркировочных цвета: красный (оранжевый) и белый. Опоры высотой до 100 м маркируют от верхней точки на 1/3 высоты горизонтальными чередующимися по цвету полосами шириной 0,5–6 м. Число полос должно быть не менее трех, причем крайние полосы окрашивают в красный (оранжевый) цвет. На приаэродромной территории международных аэропортов и воздушных трассах международного значения опоры маркируются горизонтальными чередующимися по цвету полосами той же ширины сверху до основания. Опоры высотой более 100 м маркируются от верха до основания чередующимися по цвету полосами шириной, определяемой РЭГА РФ, но не более 30 м;

для светоограждения опор должны быть использованы заградительные огни, которые устанавливаются на самой верхней части (точке) и ниже через каждые 45 м. Расстояния между промежуточными ярусами, как правило, должны быть одинаковыми. Опоры, расположенные внутри застроенных районов, светоограждаются сверху вниз до высоты 45 м над средним уровнем высоты застройки;

в верхних точках опор устанавливаются по два огня (основной и резервный), работающих одновременно или по одному при наличии устройства для автоматического включения резервного огня при выходе из строя основного. Автомат включения резервного огня должен работать так, чтобы в случае выхода его из строя остались включенными оба заградительных огня;

заградительные огни должны быть установлены так, чтобы их можно было наблюдать со всех направлений в пределах от зенита до 5° ниже горизонта;

заградительные огни должны быть постоянного излучения красного цвета с силой света во всех направлениях не менее 10 кд.

Для светоограждения опор, расположенных вне зон аэродромов и не имеющих вокруг себя посторонних огней, могут быть применены огни белого цвета, работающие в проблесковом режиме. Сила заградительного огня должна быть не менее 10 кд, а частота проблесков – не менее 60 в мин. При установке на опоре нескольких проблесковых огней должна быть обеспечена одновременность проблесков;

средства светового ограждения аэродромных препятствий по условиям электроснабжения относятся к потребителям I категории, и их электроснабжение должно осуществляться по отдельным линиям, подключенным к подстанциям. Линии должны быть обеспечены аварийным (резервным) питанием. Рекомендуется предусмотреть АВР;

включение и отключение светового ограждения препятствий в районе аэродрома производится владельцами ВЛ и диспетчерским пунктом аэродрома по заданному режиму работы. На случай отказа автоматических устройств для включения заградительных огней следует предусматривать возможность включения заградительных огней вручную;

для обеспечения удобного и безопасного обслуживания должны предусматриваться площадки у мест размещения сигнальных огней и оборудования, а также лестницы для доступа к этим площадкам. Для этих целей следует использовать площадки и лестницы, предусматриваемые на опорах ВЛ (2.5.292).

Раздел 3

ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

Глава 3.1. ЗАЩИТА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ до 1 кВ

Область применения. Определения

Вопрос. На защиту каких электрических сетей распространяются требования настоящей главы Правил?

Ответ. Распространяются на защиту электрических сетей напряжением до 1 кВ, сооружаемых внутри и вне зданий (3.1.1).

Вопрос. Что называется аппаратом защиты?

Ответ. Называется аппарат, автоматически отключающий защищаемую электрическую цепь при КЗ, перегрузках и других ненормальных режимах (3.1.2).

Выбор аппаратов защиты

Вопрос. Какие аппараты применяются в качестве защитных?

Ответ. Применяются автоматические выключатели или предохранители. Рекомендуется применять автоматические выключатели с комбинированным расцепителем.

Для обеспечения требований быстродействия, чувствительности, селективности в необходимых случаях могут применяться устройства защиты с использованием выносных реле (реле косвенного действия). Коэффициент чувствительности этих защит в конце защищаемой зоны должен быть не менее 1,5 (3.1.3).

Вопрос. Как выбираются аппараты защиты по отключающей способности?

Ответ. Выбираются соответственно максимальному значению тока КЗ в начале защищаемого участка электрической сети, то есть стойкими при этом токе в соответствии с определением гл. 1.4 Правил.

Установка аппаратов защиты, не стойких при максимальных значениях токов КЗ, допускается, если защищающий их групповой автоматический выключатель или ближайший автоматический выключатель по направлению к источнику питания является стойким при максимальном токе КЗ, и ток срабатывания его мгновенно действующего расцепителя (отсечки без выдержки времени) меньше, чем ток одноразовой предельной коммутационной способности каждого из группы защищаемых аппаратов, и если такое неселективное отключение всей группы аппаратов не грозит аварией, порчей дорогостоящего оборудования и материалов или расстройством сложного технологического процесса (3.1.4).

Вопрос. Каковы общие требования по выбору номинальных токов плавких вставок предохранителей и номинальных токов или уставок расцепителей автоматических выключателей, служащих для защиты отдельных участков сети?

Ответ. Во всех случаях выбираются по возможности наименьшими по расчетным токам этих участков, но таким образом, чтобы аппараты защиты не отключали электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковых токах, пиках технологических нагрузок, токах при самозапуске и т. п.) (3.1.6).

Вопрос. Как присоединяются к сети предохранители и автоматические выключатели пробочного типа?

Ответ. Присоединяются так, чтобы при вывинченной пробке предохранителя (автоматического выключателя) винтовая гильза оставалась без напряжения.

Питающий проводник присоединяется, как правило, к неподвижным контактам автоматического выключателя.

При необходимости присоединения питающего проводника к подвижным контактам автоматического выключателя (например, в схемах с секционным выключателем) следует иметь в виду, что в этом случае предельная коммутационная способность некоторых типов автоматических выключателей уменьшается (3.1.7).

Вопрос. Какая надпись наносится на каждый аппарат защиты?

Ответ. Наносится надпись, указывающая номинальный ток аппарата, уставку расцепителя, значение номинального тока плавкой вставки. Рекомендуется на дверцах шкафов или щитков, в которых устанавливаются аппараты защиты, размещать схемы с указанием необходимых для защиты присоединений уставок расцепителей автоматических выключателей и номинальных токов плавких вставок предохранителей (3.1.7).

Вопрос. При каких условиях предусматривается защита от токов КЗ?

Ответ. Предусматривается, если наименьший расчетный ток в конце защищаемой линии превышает:

в 3 раза номинальный ток плавкой вставки предохранителя;

в 3 раза номинальный ток нерегулируемого расцепителя автоматического выключателя с обратно зависимой от тока характеристикой;

в 3 раза уставку срабатывания по току регулируемого расцепителя автоматического выключателя с обратно зависимой от тока характеристикой;

в 1,1 раза верхнее значение тока срабатывания автоматического выключателя, имеющего только мгновенно действующий или селективный максимальный расцепитель тока (отсечку).

При определении наименьшего значения тока КЗ учитываются активные и индуктивные сопротивления цепи КЗ, включая активное сопротивление электрической дуги, а также увеличение активного сопротивления проводника в результате нагрева.

Защита от токов КЗ по возможности выбирается с наименьшим временем отключения и селективностью действия.

Для кабельных сетей СН электростанций токовая отсечка принимается с наименьшим коэффициентом чувствительности около 1,3 при междуфазных и однофазных КЗ в конце защищаемого кабеля. При этом в случае

необходимости для защиты от однофазных КЗ в конце кабеля должна выполняться отдельная защита, не требующая отстройки от пусковых токов присоединения, с коэффициентом чувствительности не менее 1,5. Допускается не охватывать отсечкой всю длину защищаемой КЛ, если при работе расцепителя с обратно зависимой от тока характеристикой обеспечивается термическая стойкость кабеля и селективность.

Для кабельных сетей СН электростанций рекомендуется обеспечивать резервирование защит смежных участков (3.1.8).

Вопрос. Какие аппараты применяются для защиты электроустановок постоянного тока?

Ответ. Применяются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем или специальная выносная РЗ. Допускается применение предохранителей (3.1.8).

Вопрос. Какие условия выполняются для обеспечения селективности отключения поврежденного участка?

Ответ. Выполняются следующие условия:

при применении автоматических выключателей все КЗ в основной зоне защиты отключаются токовой отсечкой с коэффициентом чувствительности не менее 1,5; КЗ в зоне резервирования отключаются с коэффициентом чувствительности не менее 1,3. Допускается осуществлять резервирование с использованием расцепителя с обратно зависимой от тока характеристикой при условии обеспечения термической стойкости кабеля;

при применении выносной РЗ коэффициенты чувствительности: для основной зоны – не менее 1,5; для зоны резервирования – не менее 1,2;

при применении предохранителей коэффициенты чувствительности: для основной зоны – не менее 5; для зоны резервирования – не менее 3 (3.1.9).

Вопрос. Какие присоединения обеспечиваются защитой от перегрузки?

Ответ. Обеспечиваются присоединения, выполненные с использованием СИП (ВЛИ), а также следующие сети внутри помещений:

линии, выполненные открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или с горючей наружной изоляцией;

групповые сети в жилых зданиях, общественных зданиях и сооружениях, в служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, а также в пожароопасных зонах;

присоединения в жилых зданиях, в общественных зданиях и сооружениях, на промышленных предприятиях – только в случаях, когда по режиму работы может возникать длительная перегрузка проводников (3.1.10).

Вопрос. Какой принимается кратность токов аппаратов защиты к длительно допустимым токовым нагрузкам защищаемых проводников в сетях постоянного тока, защищаемых от перегрузки?

Ответ. Принимается не более:

0,8 – для номинального тока плавкой вставки;

1,0 – для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (независимо от наличия отсечки);

1,25 – для тока срабатывания автоматического выключателя с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (независимо от наличия отсечки) (3.1.11).

Вопрос. В каких случаях защита не устанавливается?

Ответ. На двухцепных ВЛ в нулевом проводе расцепитель автоматического выключателя или выносная токовая защита не устанавливается (3.1.12).

Места установки аппаратов защиты

Вопрос. В каких местах сети устанавливаются аппараты защиты?

Ответ. Аппараты защиты располагаются в удобных для обслуживания местах таким образам, чтобы была исключена возможность их случайных механических повреждений. Установка их выполняется так, чтобы при оперировании с ними или при их действии были исключены опасность для обслуживающего персонала и возможность повреждения окружающих предметов.

К аппаратам защиты с открытыми токоведущими частями обеспечивается доступ только для обслуживания квалифицированным персоналом (3.1.13).

Как правило, аппараты защиты устанавливаются в местах сети, где сечение проводника уменьшается (по направлению к месту потребления электроэнергии) или где это необходимо для обеспечения чувствительности или селективности защиты (3.1.14).

Аппараты защиты устанавливаются непосредственно в местах присоединения защищаемых проводников к питающей линии.

Допускается установка аппарата защиты ответвления на некотором расстоянии от места присоединения ответвления к питающей линии при выполнении следующих условий:

длина участка ответвления от места присоединения к питающей линии до аппарата не превышает 3 м;

ответвления на этом участке выполнены кабелем в оболочке, не распространяющей горение, или проложенным в негораемых трубах, металлорукавах, коробах;

вблизи этого участка не располагаются горючие вещества (3.1.15).

Вопрос. Где устанавливаются предохранители?

Ответ. При защите сетей предохранителями последние устанавливаются на всех нормально незаземленных проводниках. Установка предохранителей в нулевых проводниках не допускается (3.1.16).

Вопрос. Где устанавливаются расцепители при защите сетей автоматическими выключателями?

Ответ. Расцепители автоматических выключателей устанавливаются во всех нормально незаземленных проводниках.

Расцепители в нулевых рабочих (нейтральных) проводниках допускается устанавливать лишь при условии, что при их срабатывании отключаются от сети одновременно все проводники данного присоединения (3.1.17).

Вопрос. В каких местах допускается не устанавливать аппараты защиты?

Ответ. Допускается не устанавливать, если это признается целесообразным по условиям эксплуатации, в местах:

ответвления проводников от шин щита к аппаратам, установленным на том же щите; при этом проводники выбираются по расчетному току ответвления;

снижения сечения питающей линии по ее длине и на ответвлениях от нее, если защита предыдущего участка линии защищает участок со сниженным сечением;

ответвления от питающей линии проводников цепей измерений, управления и сигнализации, если эти проводники не выходят за пределы соответствующих машин или щита либо эти проводники выходят за их пределы, но проложены в негораемых трубах или имеют негорючую оболочку.

Не допускается установка аппаратов защиты в местах присоединения к питающей линии таких цепей управления, сигнализации и измерения, отключение которых может повлечь за собой опасные последствия (отключение пожарных насосов, вентиляторов, предотвращающих образование взрывоопасных смесей, некоторых механизмов собственных нужд электростанций и т. п.). Во всех случаях такие цепи выполняются проводниками, не распространяющими горение, или в трубах (3.1.18).

Глава 3.2. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Область применения

Вопрос. На какие устройства РЗ распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на устройства РЗ элементов электрической части энергосистем, промышленных и других электроустановок напряжением выше 1 кВ: генераторов, трансформаторов (автотрансформаторов), блоков генератор-трансформатор, линий электропередачи, шунтирующих реакторов 500 и 750 кВ и компенсационных реакторов, шин и синхронных компенсаторов.

РЗ электроустановок напряжением выше 750 кВ, КЛ напряжением выше 220 кВ и передач постоянного тока в настоящей главе Правил не рассматривается.

Устройства РЗ элементов электроустановок, не рассмотренные в этой и других главах, выполняются в соответствии с общими требованиями настоящей главы (3.2.1).

Общие указания

Вопрос. Для чего предназначены устройства РЗ электроустановок?

Ответ. Устройства РЗ электроустановок предназначены:

для автоматического отключения элсмента от остальной части электрической сети (электроустановки) в случае его электрического повреждения или возникновения опасного, ненормального режима работы, который может привести к его повреждению;

для подачи сигнала в случае возникновения ненормального режима, который в течение продолжительного времени не приведет к повреждению элемента (3.2.2).

Вопрос. В каких случаях допустимо вместо автоматических выключателей и РЗ применять предохранители?

Ответ. Допустимо, если они:

могут быть выбраны с требуемыми параметрами (номинальными напряжением и током, предельно отключаемым током и др.);

обеспечивают требуемые селективность и чувствительность;

не препятствуют применению автоматики (АПВ, АВР и т. п.), необходимой по условиям работы электроустановки;

допустимы по условиям эксплуатации.

При использовании предохранителей предусматриваются мероприятия, предотвращающие неполнофазный режим (3.2.3).

Вопрос. Какие результаты обеспечивают устройства РЗ совместно с коммутационными аппаратами, на которые они воздействуют?

Ответ. Обеспечивают требуемую быстроту отключения КЗ в целях сохранения бесперебойной работы неповрежденной части системы (устойчивой работы энергосистемы и нагрузки, надежной работы АЭС, возможности восстановления нормальной работы путем успешного действия АПВ и АВР, самозапуска электродвигателей, втягивания в синхронизм и проч.), предотвращения нарушений технологии особо ответственных производств, требований экологии, электробезопасности и ограничения области и степени повреждения элемента (3.2.4).

Вопрос. Каковы требования к селективности РЗ?

Ответ. РЗ, действующая на отключение, как правило, выполняется селективной, чтобы при повреждении какого-либо элемента отключался только этот поврежденный элсмент.

Допускается неселективное действие защиты при КЗ (исправляемое последующим АПВ и АВР) для обеспечения или ускорения отключения КЗ (3.2.5).

Вопрос. Чем обеспечивается надежность функционирования РЗ?

Ответ. Обеспечивается:

достижением максимальной аппаратной надежности за счет применения комплектующих изделий повышенной безотказности, применения рациональных схем и конструкций;

проведением технического обслуживания устройств РЗ с определенной периодичностью с применением внешних специализированных или универсальных устройств проверки, а также встроенных средств контроля исправности, если это необходимо для достижения требуемых значений показателей надежности функционирования или для обеспечения заданного времени восстановления;

применением средств, обеспечивающих ближнее (дублирование защит, распределение их по сердечникам ТТ, разделение/резервирование по цепям напряжения, оперативного тока, управления и др.) и дальнее резервирование (3.2.7).

Вопрос. Какие устройства предусматриваются при наличии РЗ, имеющей цепи напряжения?

Ответ. Предусматриваются устройства:

автоматически выводящие защиту из действия при отключении автоматических выключателей, перегорании предохранителей и других нарушениях цепей напряжения (если эти нарушения могут привести к ложному срабатыванию защиты или к излишнему срабатыванию при КЗ вне защищаемой зоны), а также сигнализирующие о нарушениях этих цепей;

сигнализирующие или блокирующие при нарушениях цепей напряжения, если эти нарушения не приводят к ложному срабатыванию защиты в условиях нормального режима и к излишнему срабатыванию при КЗ вне защищаемой зоны, но могут привести к отказу защиты (3.2.8).

Вопрос. Каковы рекомендации по действию РЗ при наличии на ВЛ трубчатых разрядников?

Ответ. Рекомендуется предусматривать отстройку РЗ ВЛ от времени работы разрядников.

На ВЛ напряжением 110 кВ допускается не отстраивать РЗ от работы трубчатых разрядников (3.2.9).

Вопрос. Какие факторы следует учитывать для РЗ с выдержками времени для исключения отказов срабатывания защиты?

Ответ. Для исключения отказов срабатывания защиты в каждом конкретном случае учитывается затухание токов КЗ во времени, изменение токов КЗ в результате возникновения качаний, появление дуги в месте повреждения (3.2.10).

Вопрос. Какими устройствами снабжаются защиты в электрических сетях напряжением 110 кВ и выше?

Ответ. Снабжаются устройствами, блокирующими их действие при качаниях или асинхронном ходе, если в указанных сетях возможны такие качания или асинхронный ход, при которых защиты могут срабатывать неправильно.

Допускается применение аналогичных устройств и для линий напряжением ниже 110 кВ, связывающих между собой источники питания (исходя из вероятности возникновения качаний или асинхронного хода и возможных последствий неправильных отключений).

Допускается выполнение защиты без блокировки при качаниях, если защита отстроена от качаний по времени (3.2.11).

Вопрос. Какая основная защита предусматривается на каждом из элементов электроустановки?

Ответ. Предусматривается основная защита, предназначенная для действия при повреждениях в пределах всего защищаемого элемента с временем, меньшим чем у других установленных на этом элементе защит.

На особо ответственных элементах электроустановки: линиях 330–750 кВ, генераторах и трансформаторах блоков АЭС или тепловых и гидравлических станций большой мощности, автотрансформаторах связи станций с высшим напряжением 330–750 кВ, автотрансформаторах подстанций с высшим напряжением 330–750 кВ, шунтирующих реакторах 500 и 750 кВ, синхронных компенсаторах, шинах (ошиновках) 330–750 кВ и элементах КРУЭ, как правило, устанавливаются две основные защиты (3.2.14).

Вопрос. Какая резервная защита предусматривается для действия при отказах защит или выключателей смежных элементов?

Ответ. Предусматривается резервная защита, предназначенная для обеспечения дальнего резервирования. Такая защита предназначена и для выполнения функции ближнего резервирования основной защиты данного элемента, обладающей абсолютной селективностью, в случае ее отказа или выведения из работы. Например, если в качестве основной защиты от всех видов повреждений линий напряжением 110 кВ и выше применена ВЧ защита, то в качестве резервных могут быть применены ступенчатые дистанционная защита и токовая направленная защита нулевой последовательности. На линиях 500–750 кВ, а также на ряде линий 330 кВ резервные ступенчатые защиты ускоряются с помощью передачи ВЧ сигналов для выполнения второй быстродействующей защиты.

На всех элементах сети, прилегающей к АЭС, при многофазных КЗ на которых остаточное напряжение прямой последовательности на стороне высшего напряжения блоков этой станции может снижаться ниже 0,45 номинального, обеспечивается полное время отключения КЗ, не превышающее 1 с при отказе быстродействующей защиты с учетом времени действия устройства резервирования при отказе выключателя (УРОВ).

Во всех случаях, когда при КЗ на линии напряжением 330 кВ и выше не обеспечивается дальнее резервирование, предусматриваются дополнительные меры по ближнему резервированию (3.2.15).

Вопрос. С какой целью может быть предусмотрена токовая отсечка без выдержки времени для линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше?

Ответ. Может быть предусмотрена в качестве дополнительной защиты с целью повышения надежности отключения повреждения в начале линии (3.2.16).

Вопрос. В каких случаях допускается отсутствие резервирования?

Ответ. Если полное обеспечение дальнего резервирования связано со значительным усложнением защиты или технически невозможно, допускается:

не резервировать отключение КЗ на реактированных линиях, в конце длинного смежного участка линии напряжением 6–35 кВ, за трансформаторами напряжением 220 кВ и ниже, а также при наличии ближнего резервирования на линиях напряжением 110–330 кВ, за автотрансформаторами 220 кВ и выше и за трансформаторами с низшим напряжением 6,3 кВ СН электростанций;

обеспечивать полное дальнее резервирование только при наиболее часто встречающихся видах повреждений без учета редких режимов работы и при учете каскадного действия защиты;

предусматривать неселективное действие защиты при КЗ на смежных элементах (например, не согласовывать последнюю ступень защиты по параметру срабатывания с защитами предыдущих элементов и т. п.) с возможностью обесточивания в отдельных случаях подстанций; при этом рекомендуется обеспечивать исправление этих неселективных отключений действием АПВ или АВР;

предусматривать на трансформаторах 110–220 кВ дополнительную максимальную токовую защиту с независимым действием (3.2.17).

Вопрос. В каких электроустановках и в каких случаях предусматриваются УРОВ?

Ответ. Предусматриваются в электроустановках напряжением 110–750 кВ. Предусматривается УРОВ отдельных присоединений СН электростанций, если отключение КЗ не резервируется защитами рабочих и резервных трансформаторов СН, а также генераторных выключателей; допускается установка упрощенных УРОВ в РУ напряжением 6–35 кВ с КЛ.

При отказе выключателя элемента электроустановки (линии, трансформатора, шин и др.) УРОВ выполняется с действием на отключение выключателей, смежных с отказавшим, через которые может осуществляться подпитка места КЗ.

Если защиты присоединены к выносным ТТ, то УРОВ выполняется с действием и при КЗ в зоне между этими ТТ и выключателем.

При КЗ на стороне низшего напряжения автотрансформаторов 330 кВ и выше, повреждении рабочего трансформатора СН, подключенного ответвлением без выключателя к блоку, и отказе при этом любого выключателя сторон высшего или среднего напряжения и при недостаточной чувствительности УРОВ выключателей этих сторон рекомендуется принимать меры, обеспечивающие отключение выключателей, смежных с отказавшим.

Отказ от применения УРОВ в каждом отдельном случае обосновывается, например, когда при дальнем резервном действии защит нет потери дополнительных элементов из-за отключения выключателей, непосредственно не примыкающих к отказавшему (отсутствуют секционированные шины, линии с ответвлениями и т. п.) (3.2.18).

Вопрос. Как осуществляется питание оперативных цепей основных и резервных защит?

Ответ. Основная и резервная или две основные защиты подключаются к разным вторичным обмоткам ТТ. При этом цепи тока этих защит прокладываются в разных кабелях. Для защит линий 220–750 кВ предусматривается резервирование питания их цепей напряжения.

Питание оперативных цепей основных и резервных защит линий 110–750 кВ и, как правило, каждого из комплектов ступенчатых защит линий 110–220 кВ, каждой из двух групп защит трансформаторов 110 кВ и выше, автотрансформаторов 220 кВ и выше и шунтирующих реакторов 500–750 кВ, каждой из двух дифференциальных токовых защит шин (ошиновок), а также основных и резервных защит на электростанциях с генераторами мощностью 30 МВт и более, генераторов, блоков генератор–трансформатор, трансформаторов связи, трансформаторов СН с низшим напряжением 6,3 кВ осуществляется через разные автоматические выключатели. При этом цепи питания оперативным постоянным током основных и резервных защит или отдельных групп защит прокладываются в разных кабелях. В особо ответственных случаях (например, для линий и автотрансформаторов 500 кВ) рекомендуется прокладывать кабели с цепями отключения от двух групп защит по разным трассам.

На переменном оперативном токе предусматривается разделение выходных цепей основных и резервных защит на разные промежуточные реле.

При наличии на линии, автотрансформаторе, шунтирующем реакторе двух отдельных защит (комплектов) они выполняются так, чтобы была обеспечена возможность раздельной проверки или ремонта защит при работающем элементе (3.2.19).

Вопрос. При помощи какого показателя производится оценка чувствительности РЗ?

Ответ. Производится при помощи коэффициента чувствительности.

Коэффициент чувствительности избирательных органов сопротивления устройства однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ) определяется при КЗ на землю в конце защищаемой линии при отсутствии переходного сопротивления; рекомендуется также определять его при замыкании на землю через переходное сопротивление.

Расчетные значения величин необходимо устанавливать исходя из наиболее неблагоприятных режимов (с учетом их реальной возможности) и видов повреждения (3.2.20).

Вопрос. Какие наименьшие коэффициенты чувствительности принимаются при оценке чувствительности основных защит и УРОВ?

Ответ. Принимаются следующие наименьшие коэффициенты чувствительности.

1. Максимальные токовые защиты с пуском и без пуска напряжения, направленные и ненаправленные защиты, включенные на составляющие обратной или нулевой последовательности:

для органов тока и напряжения – 1,5 (в режиме сетевого резервирования допускается 1,3);

для органов направления мощности обратной и нулевой последовательности – 2,0 по мощности и 1,5 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, – не нормируется по мощности (и напряжению) и 1,5 по току.

Для максимальных токовых защит трансформаторов с низшим напряжением 0,23–0,4 кВ наименьший коэффициент чувствительности принимается 1,5; рекомендуется по возможности увеличивать до 2,0, учитывая значительное снижение тока из-за увеличения переходного сопротивления в месте повреждения.

2. Ступенчатые защиты тока или тока и напряжения направленные и ненаправленные, включенные на полные токи и напряжения или на составляющие нулевой последовательности:

для органов тока и напряжения ступени защиты, предназначенной для действия при КЗ в конце защищаемого участка, без учета резервного действия – 1,5, а при наличии чувствительной резервной ступени – 1,3; при наличии на противоположном конце линии отдельной защиты шин соответствующие коэффициенты чувствительности (1,5 и 1,3) для ступени защиты нулевой последовательности допускается обеспечивать в режиме каскадного отключения;

для органов направления мощности нулевой и обратной последовательности – 2,0 по мощности и 1,5 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, – не нормируется по мощности (и напряжению) и 1,5 по току.

3. Дистанционные защиты от многофазных КЗ, КЗ на землю и избирательные органы устройства ОАПВ:

для пускового органа дистанционной защиты от многофазных КЗ и дистанционных органов третьей ступени – 1,5;

для дистанционных органов второй ступени от многофазных КЗ, предназначенных для действия при КЗ в конце защищаемой линии, при отсутствии третьей ступени – 1,5, а при наличии третьей ступени защиты – 1,25; чувствительность указанного органа по току точной работы при КЗ в той же точке – 1,3;

для дистанционных органов второй ступени от КЗ на землю и избирательных органов сопротивления устройства ОАПВ: при металлическом КЗ на землю в конце защищаемой линии – 1,5; при КЗ на землю через переходное сопротивление в конце каскадно отключенной фазы защищаемой линии – 1,15;

для фильтровых избирательных органов по току и напряжению нулевой и обратной последовательностей при металлическом замыкании в конце защищаемой линии – 2,0.

Блокировка при качаниях выполняется не ограничивающей зоны действия блокируемых ступеней дистанционной защиты.

4. Продольные дифференциальные защиты генераторов, трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих и компенсационных реакторов, линий и других элементов, а также полные дифференциальные защиты шин и ошиновки – 2,0; для пускового органа тока неполной дифференциальной дистанционной защиты шин генераторного напряжения – 2,0; для первой ступени неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения, выполненной в виде отсечки, – 1,5 (при КЗ на шинах).

Для дифференциальной защиты генераторов, трансформаторов, автотрансформаторов, синхронных компенсаторов, токоограничивающих, шунтирующих и компенсационных реакторов чувствительность проверяется при КЗ на выводах (для трансформаторов, автотрансформаторов – с учетом регулирования напряжения). При этом вне зависимости от значений коэффициента чувствительности для турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток и для гидрогенераторов мощностью более 30 МВт вне зависимости от системы охлаждения ток срабатывания защиты принимается менее номинального тока генератора. Для автотрансформаторов и трансформаторов мощностью 25 МВ·А и выше ток срабатывания дифференциальных защит рекомендуется принимать меньше номинального. Для защит остальных трансформаторов мощностью 4,0–25 МВ·А, выполняемых на постоянном или выпрямленном оперативном токе, ток срабатывания без учета торможения рекомендуется принимать не более 1,5 номинального тока трансформатора.

Допускается снижение коэффициента чувствительности для дифференциальной защиты трансформатора, автотрансформатора или блока генератор–трансформатор до значения 1,5:

в режиме включения трансформатора и автотрансформатора под напряжение, а также для кратковременных режимов его работы (например, при отключении одной из питающих сторон);

для дифференциальной защиты трансформатора при КЗ за токоограничивающим реактором на стороне низшего напряжения; при этом допускается не обеспечивать чувствительность максимальной токовой защиты, установленной на стороне высшего напряжения при КЗ в этой точке.

Для режима подачи напряжения на поврежденные шины (ошиновку) включением одного из питающих элементов допускается снижение коэффициента чувствительности для дифференциальной защиты шин (ошиновки) до значения 1,5.

5. Поперечные дифференциальные направленные защиты параллельных линий:

для реле тока и реле напряжения пускового органа комплектов защиты от междуфазных КЗ и КЗ на землю – 2,0 при включенных выключателях с обеих сторон поврежденной линии (в точке одинаковой чувствительности) и 1,5 при отключенном выключателе с противоположной стороны поврежденной линии;

для органа направления мощности нулевой последовательности – 4,0 по мощности и 2,0 по току и напряжению при отключенном выключателе с противоположной стороны;

для органа направления, включенного на полные ток и напряжение, – не нормируется по мощности и напряжению, 2,0 по току при включенных выключателях с обеих сторон и 1,5 при отключенном выключателе с противоположной стороны.

6. Направленные защиты с высокочастотной блокировкой:

для органа направления мощности обратной или нулевой последовательности, контролирующего цепь отключения, – 4,0 по мощности, 2,0 по току и напряжению;

для пусковых органов, контролирующих цепь отключения, – 2,0 по току и напряжению, 1,5 по сопротивлению.

7. Дифференциально-фазные ВЧ защиты:

для пусковых органов, контролирующих цепь отключения, – 2,0 по току и напряжению, 1,5 по сопротивлению.

8. Токовые отсечки без выдержки времени, устанавливаемые на генераторах и трансформаторах, при КЗ в месте установки защиты – 2,0. На трансформаторах напряжением 35/10 кВ мощностью 1000–4000 кВ·А в распределительных сетях допускается иметь коэффициент чувствительности равным 1,7 в нормальном режиме работы подстанции; в режиме сетевого резервирования этот коэффициент не нормируется. При этом в режиме сетевого резервирования действие на отключение КЗ на выводах низшего напряжения трансформаторов возлагается на максимальную токовую защиту с коэффициентом чувствительности не менее 2,0.

9. Защиты от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью (при полноте замыкания 100 %):

для защит, действующих на сигнал, – 1,5;

для защит, действующих на отключение, – 2,0.

10. Поперечная дифференциальная токовая защита шунтирующих реакторов для реле тока – 2,0. Чувствительность проверяется при КЗ на выводах.

11. Реле тока УРОВ – 2,0. Чувствительность реле тока УРОВ проверяется при КЗ в конце линии и в конце зоны резервирования защит линии (трансформатора, автотрансформатора и шунтирующего и компенсационного реакторов) как для выключателя линии, так и для трансформатора и автотрансформатора, а также на стороне низшего напряжения для выключателей высшего и среднего напряжений трансформатора (автотрансформатора) (3.2.21).

Вопрос. Какие факторы учитываются при определении коэффициентов чувствительности, указанных выше в пп. 1, 2, 5?

Ответ. Учитывается следующее:

чувствительность по мощности индукционного реле направления мощности проверяется только при включении его на составляющие токов и напряжений обратной и нулевой последовательностей;

чувствительность реле направления мощности, выполненного по схеме сравнения (абсолютных значений или фаз), проверяется: при включении на полные ток и напряжение – по току; при включении на составляющие токов и напряжений обратной и нулевой последовательностей – по току и напряжению (3.2.22).

Вопрос. Каким принимается коэффициент чувствительности защиты от замыканий на землю в обмотке статора для генераторов?

Ответ. Принимается не менее 2.

При включении защиты на ТТ нулевой последовательности допускается определять чувствительность этой защиты по току срабатывания промышленной частоты, который принимается не более 5 А. Если для защиты генератора от замыканий на землю в обмотке статора применяется защита напряжения нулевой последовательности, ее напряжение срабатывания промышленной частоты выбирается в пределах 10–15 В (3.2.23).

Вопрос. Как проверяется чувствительность аппаратов и защит на переменном оперативном токе?

Ответ. Для аппаратов и защит на переменном оперативном токе с дешунтированием электромагнитов отключения проверяется чувствительность электромагнитов отключения и удерживания дешунтирующих реле по вторичному току. При этом учитывается токовая погрешность ТТ после дешунтирования при первичном токе, соответствующим току срабатывания реле тока защиты. Коэффициент чувствительности электромагнитов отключения принимается не менее 1,2. Коэффициент чувствительности по удерживанию дешунтирующих реле – не менее 1,1.

Для дифференциальной и максимальной токовой защит трансформатора, в которых питание токовых электромагнитов отключения выключателя (включения короткозамыкателя) осуществляется по схеме с дешунтированием, а питание электромагнита напряжения – от предварительно заряженного конденсатора, чувствительность токового электромагнита проверяется с учетом действительной погрешности ТТ при первичном токе расчетного КЗ.

Коэффициенты чувствительности токового электромагнита принимаются не менее коэффициентов чувствительности соответствующих защит (см. 3.2.21).

Для защит с реле прямого действия коэффициент чувствительности определяется по первичному току срабатывания с учетом действительной погрешности ТТ (при вторичном токе, равном току срабатывания реле). Коэффициент чувствительности – не менее 1,8 (3.2.24).

Вопрос. Какими принимаются наименьшие коэффициенты чувствительности для резервных защит при КЗ в конце смежного элемента или наиболее удаленного из нескольких последовательных элементов, входящих в зону дальнего резервирования?

Ответ. Принимаются следующими:

для органов тока и напряжения – 1,2; для органов сопротивления по сопротивлению – 1,2 (для органа сопротивления с многоугольной характеристикой срабатывания рекомендуется при оценке чувствительности по отношению к его сторонам увеличение указанного значения до 1,3); по току точной работы – 1,1;

для органов направления мощности обратной и нулевой последовательности – 1,4 по мощности и 1,2 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, – не нормируется по мощности и напряжению и 1,2 по току (3.2.25).

Вопрос. Каким принимается коэффициент чувствительности для токовых отсечек без выдержки времени, устанавливаемых на линии и выполняющих функции вспомогательных защит?

Ответ. Принимается не менее 1,2 при многофазных КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме (3.2.26).

Вопрос. Как согласовываются чувствительности защит нескольких элементов?

Ответ. Защита последующего элемента, как правило, согласовывается по чувствительности с защитой предыдущего элемента. Допускается не согласовывать между собой ступени этих защит, предназначенные для дальнего резервирования (3.2.27).

Вопрос. Каким требованиям должны удовлетворять ТТ, предназначенные для питания цепей тока устройств РЗ от КЗ?

Ответ. Должны удовлетворять следующим требованиям.

1. В целях предотвращения неправильных срабатываний защиты при КЗ вне защищаемой зоны или при несинхронном включении погрешность (полная или токовая) ТТ, как правило, не допускается более 10 %. Более высокие погрешности допускаются при использовании защит (например, дифференциальной защиты шин или ошиновки с торможением), правильное действие которых при повышенных погрешностях обеспечивается с помощью специальных мероприятий.

Указанные требования принимаются:

для ступенчатых защит – при КЗ в конце зоны действия ступени защиты, с которой производится согласование, а для направленных ступенчатых защит – также и при внешнем КЗ;

для согласуемых между собой защит с обратно зависимыми характеристиками выдержек времени – при токе КЗ, при котором разность выдержек времени этих защит равна ступени выдержки времени;

для остальных защит – при внешнем КЗ или несинхронном включении.

Для дифференциальных токовых защит (шин, трансформаторов, генераторов и т. п.) учитывается полная погрешность, для остальных защит – токовая погрешность, а при включении последних на сумму токов двух или более ТТ и режимах внешних КЗ или несинхронного включения – полная погрешность.

При расчетах допустимых нагрузок на ТТ допускается в качестве исходной принимать полную погрешность.

2. Токовая погрешность ТТ в целях предотвращения отказов защиты при КЗ в начале защищаемой зоны принимается:

по условиям повышенной вибрации контактов реле направления мощности или реле тока – не более значений, допустимых для выбранного типа реле;

по условиям предельно допустимой угловой погрешности для выбранного типа реле направления мощности и направленных реле сопротивления – не более 50 %.

3. Напряжение на выводах вторичной обмотки ТТ при КЗ в защищаемой зоне должно быть не более значения, допустимого для устройства РЗиА.

4. Полная погрешность, вызванная насыщением ТТ при их работе на активную нагрузку при КЗ в защищаемой зоне, должна быть не более 50 % для дифференциальной защиты трансформатора, автотрансформатора, шунтирующего и компенсационного реактора и ошиновок, для защит,

выполненных на интегральных микросхемах или микропроцессорной технике, и не более 30 % для защиты шин (3.2.29).

Вопрос. К каким обмоткам ТТ присоединяются цепи тока электроизмерительных приборов (совместно со счетчиками) и РЗ?

Ответ. Присоединяются, как правило, к разным обмоткам ТТ. Цепи тока осциллографов и фиксирующих приборов рекомендуется включать совместно с цепями тока РЗ. Допускается включение цепей РЗ или осциллографов и фиксирующих приборов совместно с электроизмерительными приборами и счетчиками при условии выполнения указаний пп. 1.5.18 и 3.2.29 Правил. При этом включение электроизмерительных приборов в цепи защит допускается только через промежуточные ТТ и при условии, что ТТ удовлетворяют указаниям п. 3.2.29 Правил при разомкнутой вторичной цепи промежуточных ТТ (3.2.30).

Вопрос. На основе каких реле выполняется РЗ на подстанциях без источника оперативного постоянного тока?

Ответ. Выполняется с реле прямого действия или реле косвенного действия с питанием оперативных цепей от ТТ и ТН или от трансформаторов СН (3.2.31).

Вопрос. Как могут выполняться устройства РЗ на подстанциях без источника оперативного постоянного тока?

Ответ. Могут выполняться:

с дешунтированием электромагнита отключения выключателя (включения короткозамыкателя);

с использованием конденсаторов, предварительного заряжаемых от зарядного устройства;

с использованием выпрямительных устройств (3.2.32).

Защита генераторов, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения

Вопрос. От каких видов повреждений предусматриваются устройства РЗ для генераторов мощностью более 1 МВт напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Предусматриваются устройства РЗ от следующих видов повреждений и нарушений нормального режима работы:

многофазных КЗ в обмотке статора и на его выводах;

однофазных замыканий на землю в обмотке статора;

двойных замыканий на землю, одно из которых возникло в обмотке статора, а второе – во внешней сети;

замыканий между витками одной фазы в обмотке статора (при наличии выведенных параллельных ветвей обмотки);

повышения напряжения гидрогенератора;

внешних КЗ;

перегрузки токами обратной последовательности;

перегрузки обмотки ротора током возбуждения (для турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток и для гидрогенераторов);

симметричной перегрузки обмотки статора;

замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения;

замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенераторов (кроме турбогенераторов с бесщеточной системой возбуждения) и генераторов с форсированным охлаждением;

асинхронного режима;

минимальная защита напряжения при использовании гидроагрегата в режиме синхронного компенсатора или двигателя агрегатов;

обратной мощности;

потери возбуждения (3.2.34).

Вопрос. Какая защита применяется для генераторов мощностью до 1 МВт напряжением до 1 кВ?

Ответ. Для генераторов с изолированной нейтралью применяется защита от всех видов повреждений и ненормальных режимов работы путем установки на выводах генератора автоматического выключателя с максимальными расцепителями или выключателями с максимальной токовой защитой. При наличии выводов со стороны нейтрали указанная защита, если возможно, присоединяется к ТТ, установленным на этих выводах.

Для генераторов с глухозаземленной нейтралью эта защита предусматривается в трехфазном исполнении (3.2.35).

Вопрос. Что предусматривается для защиты от многофазных КЗ в обмотке статора генераторов напряжением выше 1 кВ мощностью более 1 МВт?

Ответ. Предусматривается продольная дифференциальная токовая защита.

Защита выполняется с действием на отключение генератора, на гашение поля, останов агрегата для гидрогенераторов, а также на запрет электроторможения и на пуск автоматического пожаротушения.

В зону действия защиты, кроме генератора, включаются соединения генератора со сборными шинами электростанции (до выключателя).

Продольная дифференциальная токовая защита генераторов с непосредственным охлаждением обмоток статора выполняется с током срабатывания не более $0{,}2I_{ном}$. Для гидрогенераторов с косвенным охлаждением обмоток – с током срабатывания менее $I_{ном}$. Для турбогенераторов с косвенным охлаждением обмоток статора допускается выполнять защиту с током срабатывания (1,3–1,4) $I_{ном}$.

Защита выполняется трехфазной трехрелейной. Для генераторов с косвенным охлаждением обмоток статора при наличии защиты от двойных замыканий на землю защиту допускается выполнять двухфазной двухрелейной (3.2.36).

Вопрос. Какая защита предусматривается для защиты от многофазных КЗ в обмотке статора генераторов напряжением выше 1 кВ мощностью до 1 МВт, работающих параллельно с другими генераторами или электрической системой?

Ответ. Предусматривается токовая отсечка без выдержки времени, устанавливаемая со стороны выводов генератора к сборным шинам. Если токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, вместо нее устанавливается продольная дифференциальная токовая защита.

Применение токовой отсечки взамен дифференциальной защиты допускается и для генераторов большей мощности, не имеющих выводов фаз со стороны нейтрали.

Для одиночно работающих генераторов напряжением выше 1 кВ мощностью до 1 МВт в качестве защиты от многофазных КЗ в обмотке статора допускается использовать защиту от внешних КЗ.

Защита выполняется с действием на отключение генератора, гашение его поля и останов агрегата (3.2.37).

Вопрос. Какая защита предусматривается для защиты от однофазных замыканий на землю в обмотке статора генераторов напряжением выше 1 кВ мощностью 50 МВт и более?

Ответ. Предусматривается селективная защита от замыкания на землю независимо от значения емкостного тока замыкания на землю и защита от двойных замыканий на землю. Защиты отстраиваются от переходных процессов и выполняются с действием: от замыкания на землю с выдержкой времени не более 0,5 с – на отключение генератора, гашение его поля, останов агрегата и запрет электроторможения (для гидрогенератора); от двойных замыканий на землю без выдержки времени – аналогично защите от однофазных замыканий.

Для генераторов мощностью менее 50 МВт в качестве защиты от замыкания на землю можно использовать устройство контроля изоляции, действующее с двумя выдержками времени: с первой – на деление шин генераторного напряжения, со второй – на отключение генератора, гашение его поля, останов агрегата и запрет электроторможения (для гидрогенераторов). При токе замыкания менее 5 А допускается действие защиты на сигнал (3.2.38).

Вопрос. Какая защита предусматривается при установке на генераторах ТТ нулевой последовательности для защиты от однофазных замыканий на землю?

Ответ. Предусматривается токовая защита от двойных замыканий на землю, присоединяемая к этим ТТ. Защита выполняется без выдержки времени (3.2.39).

Вопрос. Какая защита предусматривается для защиты от замыканий между витками одной фазы в обмотке статора генератора, если выведены параллельные ветви?

Ответ. Предусматривается поперечная дифференциальная токовая защита без выдержки времени (3.2.40).

Вопрос. Какая защита предусматривается для защиты генераторов мощностью более 30 МВт от токов, обусловленных внешними несимметричными КЗ, а также от перегрузки током обратной последовательности?

Ответ. Предусматривается токовая защита обратной последовательности, действующая на отключение с двумя выдержками времени.

Токовая защита обратной последовательности, действующая на отключение, дополняется более чувствительным элементом, действующим на сигнал с независимой выдержкой времени. Ток срабатывания этого элемента принимается не более длительно допустимого тока обратной последовательности для данного типа генератора.

Для генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток защита выполняется с интегрально-зависимой характеристикой, соответствующей заводской характеристике допустимых перегрузок защищаемого генератора. При этом зависимая характеристика при вторых (более высоких) выдержках времени принимается не выше характеристики допустимых перегрузок генератора током обратной последовательности.

Для генераторов с косвенным охлаждением проводников обмоток защита выполняется с независимой выдержкой времени с током срабатывания не более допустимого для генератора при прохождении по нему тока обратной последовательности в течение 2 мин; меньшая выдержка времени защиты принимается не более допустимой длительности двухфазного КЗ на выводах генератора.

На гидроэлектростанциях без постоянного дежурного персонала чувствительный орган токовой защиты обратной последовательности выполняется с действием на отключение с выдержкой времени не более 2 мин (3.2.41).

Вопрос. Какая защита предусматривается для защиты генераторов с непосредственным охлаждением обмотки статора от внешних симметричных КЗ и для резервирования защит генератора от внутренних повреждений?

Ответ. Предусматривается ступенчатая дистанционная защита либо максимальная токовая защита с пуском минимального напряжения.

Ток срабатывания максимальной токовой защиты принимается (1,3–1,5) $I_{ном}$, а напряжение срабатывания – для турбогенераторов (0,5–0,6) $U_{ном}$, для гидрогенераторов (0,6–0,7) $U_{ном}$ (3.2.42).

Вопрос. Какая защита применяется для защиты генераторов мощностью от 1 до 30 МВт от внешних КЗ (симметричных и несимметричных) и для резервирования защит генератора от внутренних повреждений?

Ответ. Применяется максимальная токовая защита в двухфазном двухрелейном исполнении с комбинированным пуском напряжения, выполненная с одним минимальным реле напряжения, включенным на междуфазное напряжение, и одним устройством фильтр-реле напряжения обратной последовательности, разрывающим цепь минимального реле напряжения.

Ток срабатывания защиты и напряжение срабатывания минимального органа напряжения принимаются равными указанным в п. 3.2.42 Правил, напряжения срабатывания устройства фильтр-реле напряжения обратной последовательности – (0,1–0,12) $U_{ном}$ (3.2.43).

Вопрос. Какая защита применяется для генераторов напряжением выше 1 кВ мощностью до 1 МВт в качестве защиты от внешних КЗ?

Ответ. Применяется максимальная токовая защита, присоединяемая к ТТ со стороны нейтрали. Допускается также применение упрощенной минимальной защиты напряжения (без реле тока).

Ток срабатывания защиты (напряжение срабатывания минимальной защиты напряжения) принимается как указано в п. 3.2.42 Правил (3.2.44).

Вопрос. С соблюдением каких указаний выполняется защита генераторов мощностью более 1 МВт от токов, обусловленных внешними КЗ?

Ответ. Выполняется с соблюдением следующих указаний:

защита, как правило, присоединяется к ТТ, установленным на выводах генератора со стороны нейтрали;

при наличии секционирования шин генераторного напряжения защита выполняется с двумя выдержками времени: с меньшей – на отключение соответствующих секционных и шиносоединительных выключателей, с большей – на отключение генератора и гашение поля.

Допускается присоединять токовую защиту обратной последовательности и дистанционную защиту к ТТ, установленным со стороны подключения генератора к сборным шинам. В этом случае предусматривается дополнительная резервная защита, включаемая на ТТ со стороны нейтрали генератора и предназначенная для резервирования дифференциальной защиты при повреждениях генератора, отключенного от сети (3.2.45).

Вопрос. Какая защита предусматривается на турбогенераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток?

Ответ. Предусматривается защита ротора от перегрузки при работе генератора как с основным, так и с резервным возбуждением. Защита выполняется с интегрально-зависимой выдержкой времени от тока в обмотке ротора, которая соответствует характеристике допустимых перегрузок генератора током возбуждения.

При необходимости (например, в случае использования резервного электромашинного возбудителя и отсутствии трансформатора постоянного тока в цепи ротора) защита выполняется с независимой выдержкой времени, реагирующей на повышение напряжения обмотки ротора.

Защита выполняется с действием на отключение генератора и гашение поля. С меньшей выдержкой времени от защиты производится разгрузка ротора (3.2.46).

Вопрос. Как выполняется защита от симметричных перегрузок генераторов с непосредственным охлаждением?

Ответ. Выполняется с интегрально-зависимой выдержкой времени от тока одной фазы. Защита выполняется с действием на разгрузку и при необходимости – на отключение генератора.

Защита дополняется чувствительным органом, действующим на сигнал с независимой выдержкой времени.

Защита от симметричных перегрузок генератора с косвенным охлаждением может быть выполнена в виде максимальной токовой защиты от тока одной фазы, действующей на сигнал с независимой выдержкой времени (3.2.47).

Вопрос. Как выполняется защита от замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения для турбогенераторов с косвенным охлаждением обмотки ротора?

Ответ. Выполняется с действием на сигнал с выдержкой времени, а для гидрогенераторов – на отключение генератора.

Защита от замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения генераторов с непосредственным охлаждением обмотки ротора выполняется с двумя ступенями по снижению уровня изоляции. Первая ступень выполняется с действием на предупредительный сигнал с выдержкой времени, вторая – на аварийный сигнал или на отключение генератора в соответствии с указаниями завода-изготовителя (3.2.48).

Вопрос. Какие защиты от асинхронного режима устанавливаются на генераторах?

Ответ. На турбогенераторах устанавливается защита от асинхронного режима с потерей возбуждения. На генераторах, допускающих асинхронный режим, защита выполняется с действием на сигнал и разгрузку по активной мощности.

На гидрогенераторах предусматривается защита от асинхронного хода.

Генераторы, не допускающие асинхронного режима, а в условиях дефицита реактивной мощности в системе – и остальные генераторы, потерявшие возбуждение, при действии защиты отключаются от сети.

На гидрогенераторах предусматривается защита от потери возбуждения, предназначенная для предотвращения асинхронного хода. Защита может быть выполнена:

по факту отключения АГП;

по значениям тока ротора и статора. Уставка по току ротора отстраивается от уставки ограничителя минимального возбуждения регулятора возбуждения;

по принципу защиты минимального сопротивления (3.2.49).

Вопрос. Какая защита предусматривается на гидрогенераторах для предотвращения повышения напряжения при сбросах нагрузки?

Ответ. Предусматривается защита от повышения напряжения. Уставка защиты выбирается равной 1,5 $U_{ном}$. Защита выполняется с действием на отключение генератора, гашение его поля; допускается также воздействие на останов агрегата.

Для ликвидации перехода генератора в двигательный режим при самопроизвольном закрытии направляющего аппарата или неплотном закрытии стопорных клапанов турбины рекомендуется устанавливать защиту обратной мощности (3.2.50).

Защита трансформаторов (автотрансформаторов) с обмоткой высшего напряжения 3 кВ и выше, шунтирующих реакторов 110–750 кВ и компенсационных реакторов

Примечание: здесь и далее в разд. 3, если в тексте не делается специальной оговорки, термин «трансформаторы» распространяется и на автотрансформаторы (соответствующих напряжений и мощностей), на добавочные трансформаторы, включаемые в нейтраль трансформатора (автотрансформатора), трансформаторы поперечного регулирования и линейные добавочные трансформаторы.

Вопрос. От каких видов повреждений предусматриваются устройства РЗ для трансформаторов?

Ответ. Предусматриваются устройства РЗ от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

многофазных КЗ в обмотках и на выводах (ошиновке);

однофазных КЗ на землю в обмотке и на выводах (ошиновке), присоединенных к сети с глухо и эффективно заземленной нейтралью;

витковых замыканий в обмотках;

токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ;

токов в обмотках, обусловленных перегрузкой;

понижения уровня масла;

снижения уровня изоляции вводов 500 и 750 кВ;

однофазных замыканий на землю на стороне 6–35 кВ трансформаторов;

неполнофазного режима (для автотрансформаторов и блоков генератор–трансформатор);

перевозбуждения трансформатора (превышения индукции) – при необходимости (3.2.51).

Вопрос. От каких видов повреждений предусматриваются устройства РЗ для шунтирующих реакторов напряжением 110–750 кВ?

Ответ. Предусматриваются устройства РЗ от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

однофазных КЗ на землю в обмотке и на выводах;

витковых замыканий в обмотке;

понижения уровня масла;

снижения уровня изоляции вводов.

Для компенсационного реактора, устанавливаемого в цепи заземления нейтрали шунтирующего реактора 750 кВ, предусматриваются устройства РЗ от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

КЗ на землю в обмотках и на выводах;

витковых замыканий в обмотке;

понижения уровня масла (3.2.52).

Вопрос. Для какого электрооборудования предусматривается газовая защита от повреждений внутри бака, сопровождающихся выделением газа, и от понижения уровня масла?

Ответ. Предусматривается:

для трансформаторов мощностью 4,0 МВ·А и более;

для шунтирующих реакторов напряжением 110–750 кВ;

для компенсационных реакторов.

Газовую защиту рекомендуется устанавливать также на трансформаторах мощностью 1–2,5 МВ·А.

Газовая защита предусматривается также для кабельных вводов трансформаторов.

Газовая защита выполняется с действием на сигнал при слабом газообразовании и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании и дальнейшем понижении уровня масла.

Защита от повреждений внутри бака трансформатора, сопровождающихся выделением газа, может быть выполнена с использованием реле давления.

Защита от понижения уровня масла может быть выполнена также в виде отдельного реле уровня в расширителе трансформатора.

Для защиты контактора устройства регулирования под нагрузкой (РПН) с разрывом дуги в масле предусматривается отдельное реле (струйное или давления).

Для защиты устройства РПН, размещаемого в отдельном объеме масла, предусматривается газовое реле.

Предусматривается возможность перевода действия отключающего элемента газовой защиты трансформатора на сигнал и выполнения раздельной сигнализации от сигнального и отключающего элементов газового реле (различающейся характером сигнала).

Не допускается перевод действия отключающего контакта реле защиты контактора устройства РПН (струйного или давления) на сигнал.

Допускается выполнение газовой защиты с действием отключающего элемента только на сигнал:

на трансформаторах, которые установлены в районах, подверженных землетрясениям;

на понижающих трансформаторах мощностью 2500 кВ·А и менее, не имеющих выключателей со стороны высшего напряжения (3.2.53).

Вопрос. Какая защита предусматривается от внутренних повреждений, а также от повреждений на выводах трансформаторов (автотрансформаторов)?

Ответ. Предусматривается:

продольная дифференциальная токовая защита без выдержки времени на трансформаторах мощностью 4,0 МВ·А и более, на шунтирующих реакторах 110–750 кВ и на компенсационных реакторах.

При наличии на стороне низшего напряжения автотрансформатора линейного добавочного трансформатора или при работе автотрансформатора в блоке с синхронным компенсатором предусматривается дифференциальная токовая защита цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора; последняя может не предусматриваться на автотрансформаторах 220 кВ, если общая дифференциальная защита обеспечивает необходимую чувствительность.

В целях повышения эффективности ближнего резервирования защиты автотрансформатора с высшим напряжением 220 кВ и выше выполняются с разделением на две группы так, чтобы указанные дифференциальные защиты входили в одну из групп, а газовые – в другую.

Аналогичное выполнение рекомендуется и на трансформаторах напряжением 110 кВ и выше. На автотрансформаторах 330 кВ и выше и реакторах 500 и 750 кВ рекомендуется установка второй продольной дифференциальной токовой защиты.

Дифференциальную защиту допускается предусматривать на трансформаторах меньшей мощности, но не менее 1 МВ·А, если: токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, а максимальная токовая защита имеет выдержку времени более 0,5 с; трансформатор установлен в районе, подверженном землетрясениям;

поперечная дифференциальная токовая защита без выдержки времени на шунтирующих реакторах 110–750 кВ с выведенными фазными параллельными обмотками;

токовая отсечка без выдержки времени, устанавливаемая со стороны питания и охватывающая часть обмотки трансформатора, если не предусматривается дифференциальная защита.

Указанные защиты (дифференциальная токовая защита или токовая отсечка) выполняются с действием на снятие напряжения с поврежденного оборудования, воздействуя на отключение соответствующих выключателей (трансформатора, шунтирующего реактора, линий);

на стороне высшего напряжения устанавливаются предохранители (3.2.54).

Вопрос. Как выполняется продольная дифференциальная токовая защита?

Ответ. Выполняется с отстройкой от бросков намагничивающего тока, переходных и установившихся токов небаланса (например, с насыщающимися ТТ, тормозными обмотками и др.).

Продольная дифференциальная защита выполняется, как правило, так, чтобы в зону ее действия входили соединения трансформатора со сборными шинами.

При использовании для продольной дифференциальной защиты ТТ, встроенных во вводы трансформатора (автотрансформатора), предусматривается продольная дифференциальная токовая защита ошиновки либо охват соединений трансформатора (автотрансформатора) со сборными шинами дифференциальной токовой защитой этих шин (3.2.55).

Вопрос. Какие функции датчиков могут возлагаться на дифференциальную и газовую защиту трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов при отсутствии специальных датчиков?

Ответ. Могут возлагаться функции датчиков пуска установки пожаротушения (3.2.56).

Вопрос. С какими функциями выполняется устройство контроля и защиты изоляции вводов 500 и 750 кВ?

Ответ. Выполняется с действием:

на сигнал – при снижении уровня изоляции вводов, не требующем немедленного отключения;

на отключение – при повреждении изоляции ввода (до того, как произойдет полный пробой изоляции).

Предусматривается блокировка, предотвращающая ложные срабатывания устройства при обрывах в цепях присоединения этого устройства к выводам (3.2.57).

Вопрос. Какие мероприятия предусматриваются для отключения повреждений в трансформаторе в случаях присоединения трансформаторов к линиям без выключателей (например, по схеме блока линия–трансформатор)?

Ответ. Предусматривается одно из следующих мероприятий:

установка короткозамыкателя (одного или двух) для искусственного замыкания на землю одной фазы (для сети с глухо и эффективно заземленной нейтралью) или двух фаз между собой (для сети с изолированной нейтралью) и, если это необходимо, отделителя, автоматически отключающегося в бестоковую паузу АПВ линии. Короткозамыкатель устанавливается вне зоны дифференциальной защиты трансформатора;

установка на стороне высшего напряжения понижающего трансформатора открытых плавких вставок (как правило, на передвижных и временных подстанциях) в сочетании с АПВ линии и установкой защиты от несимметричного режима на стороне низшего напряжения, обусловленного перегоранием плавкой вставки не во всех фазах;

передача отключающего сигнала на выключатель (или выключатели) линии; при этом, если необходимо, устанавливается отделитель. Резервирование передачи отключающего сигнала осуществляется установкой короткозамыкателя или дублированием передачи отключающего сигнала по другому каналу.

Передача отключающего сигнала рекомендуется для трансформаторов подстанций напряжением 110 кВ и выше. При этом выполняется непрерывной контроль исправности канала связи, предназначенного для передачи отключающего сигнала;

установка предохранителей на стороне высшего напряжения понижающего трансформатора.

Повреждения на выводах высшего напряжения трансформаторов допускается ликвидировать защитой линии.

Допускается применение выносных ТТ.

Если резервные защиты линии не обеспечивают дальнее резервирование при повреждениях за трансформатором, на подстанции с переменным оперативным током предусматривается токовая защита трансформатора с автономным источником питания оперативного тока, действующая на включение короткозамыкателя (3.2.58).

Вопрос. Какие защиты с действием на отключение предусматриваются на трансформаторах мощностью 1 МВ·А и более в качестве резервной защиты от внешних многофазных КЗ?

Ответ. Предусматриваются следующие защиты с действием на отключение:

на повышающих трансформаторах с двусторонним питанием – как правило, токовая защита обратной последовательности от несимметричных КЗ и максимальная токовая защита с пуском минимального напряжения от симметричных КЗ или максимальная токовая защита с пуском напряжения; допускается применение дистанционной защиты;

на понижающих трансформаторах – максимальная токовая защита с пуском напряжения или без него; допускается применение дистанционной защиты (например, для трансформаторов СН блочных электростанций);

на автотрансформаторах напряжением 330 кВ и выше (кроме их блочной работы с линией) предусматривается дистанционная защита от внешних многофазных или от всех видов КЗ (двухступенчатая на каждой из сторон высшего и среднего напряжения). На автотрансформаторах напряжением 220 кВ предусматривается дистанционная защита от внешних многофазных КЗ (в случаях, когда это требуется для обеспечения дальнего резервирования или согласования защит смежных напряжений) или токовая направленная защита обратной последовательности от несимметричных КЗ и максимальная токовая защита с пуском минимального напряжения от симметричных КЗ. На стороне низшего напряжения автотрансформаторов 220 кВ и выше предусматривается максимальная токовая защита с пуском минимального напряжения.

Резервные защиты автотрансформаторов 220 кВ и выше и трансформаторов 110–220 кВ на сторонах высшего и среднего напряжения для обеспечения селективности выполняются с действием с первой выдержкой времени на деление схемы (например, на отключение шиносоединительного или секционного выключателя). При согласовании резервных защит допускается не учитывать, при необходимости, выдержки времени на деление схемы (3.2.59).

Вопрос. Какая защита от внешних многофазных КЗ предусматривается на трансформаторах мощностью менее 1 МВ·А (повышающих и понижающих)?

Ответ. Предусматривается максимальная токовая защита.

Защита от внешних многофазных КЗ устанавливается:

на понижающих двухобмоточных трансформаторах – со стороны основного питания, а также на стороне низшего напряжения при необходимости обеспечения селективности и АПВ шин;

на многообмоточных трансформаторах, присоединенных тремя и более выключателями, – со всех сторон трансформатора;

на понижающем трансформаторе, питающем секции, – со стороны питания и со стороны каждой секции.

Допускается не предъявлять к защите от внешних КЗ требования действовать при отказе основных защит трансформатора, если ее выполнение для такого действия приводит к значительному усложнению (3.2.60, 3.2.61).

Вопрос. Какую защиту допускается использовать в случае, если защита повышающего трансформатора от тока, обусловленного внешними многофазными КЗ, не обеспечивает необходимой чувствительности?

Ответ. В этом случае для защиты трансформатора допускается использовать соответствующую защиту генератора (3.2.62).

Вопрос. Какие защиты предусматриваются на повышающих трансформаторах мощностью 1 МВ·А и более, на трансформаторах с двух- и трехсторонним питанием и на автотрансформаторах для резервирования отключения КЗ на землю на смежных элементах, а на автотрансформаторах также и для обеспечения селективности защит от КЗ на землю сетей разных напряжений?

Ответ. Предусматриваются, как правило, токовые защиты нулевой последовательности от внешних КЗ на землю, устанавливаемые на сторонах обмоток, присоединенных к сети с глухо и эффективно заземленной нейтралью (3.2.63).

Вопрос. Как выполняется защита от внешних КЗ на автотрансформаторах (многообмоточных трансформаторах) с питанием с нескольких сторон?

Ответ. Выполняется направленной, если это требуется по условиям селективности (3.2.64).

Вопрос. Что предусматривается на автотрансформаторах напряжением 220–750 кВ подстанций, блоках генератор–трансформатор 220–750 кВ и автотрансформаторах связи 220–750 кВ электростанций?

Ответ. Предусматривается возможность оперативного ускорения защит от внешних КЗ при выводе из действия дифференциальной защиты автотрансформатора, шин или ошиновки, обеспечивающего отключение повреждений на элементе, оставшемся без быстродействующей защиты.

Допускается не предусматривать оперативного ускорения защит от внешних КЗ при наличии двух дифференциальных защит шин, ошиновки, автотрансформаторов и блоков генератор–трансформатор, а также ошиновки высшего напряжения автотрансформаторов 220 кВ подстанций (3.2.65).

Вопрос. Какая защита предусматривается на понижающих трансформаторах и блоках трансформатор–линия с высшим напряжением до 35 кВ и соединением обмотки низшего напряжения в звезду с заземленной нейтралью?

Ответ. Предусматривается защита от однофазных КЗ на землю в сети низшего напряжения, осуществляемая с помощью:

максимальной токовой защиты от внешних КЗ в трехрелейном исполнении, устанавливаемой на стороне высшего напряжения;

автоматических выключателей или предохранителей на выводах низшего напряжения;

специальной защиты нулевой последовательности, устанавливаемой на нулевом выводе трансформатора (на *PEN*-проводнике).

При применении защиты последнего типа допускается не согласовывать ее с защитами элементов, отходящих от сборки на стороне низшего напряжения.

Для схемы линия–трансформатор в случае применения такой защиты допускается не прокладывать специальный контрольный кабель для обеспечения действия этой защиты на выключатель стороны высшего напряжения и выполнять ее с действием на автоматический выключатель, установленный на стороне низшего напряжения.

Эти указания распространяются также на защиту указанных трансформаторов предохранителями, установленными на стороне высшего напряжения (3.2.66).

Вопрос. Какая защита устанавливается на стороне низшего напряжения понижающих трансформаторов с высшим напряжением 3–10 кВ, питающих сборки с присоединениями, защищенными предохранителями?

Ответ. Устанавливается предохранитель или автоматический выключатель (3.2.67).

Вопрос. Как выполняется защита от однофазных замыканий на землю?

Ответ. Выполняется в виде устройства контроля изоляции, действующего на сигнал (3.2.68).

Вопрос. Какую защиту рекомендуется предусматривать на трансформаторах мощностью более 0,63 МВ·А?

Ответ. Рекомендуется предусматривать максимальную токовую защиту от токов, обусловленных перегрузкой, с действием на сигнал.

Для подстанций без постоянного дежурства персонала допускается предусматривать действие этой защиты на автоматическую разгрузку или отключение (при невозможности ликвидации перегрузки другими средствами) (3.2.69).

Вопрос. Как выполняется защита от неполнофазного режима, возникающего при отключении или включении выключателей со стороны высшего или среднего напряжения автотрансформатора или со стороны высшего напряжения блока генератор–трансформатор?

Ответ. Выполняется с пуском от защиты от непереключения фаз выключателей и с контролем тока (при необходимости – и с контролем отключенного положения тех выключателей, отключение любого из которых при непереключениях фаз данного выключателя приводит к возникновению неполнофазного режима). Защита выполняется с действием с выдержкой времени на отключение автотрансформатора, блока или секции шин, примыкающей к отказавшему выключателю (3.2.70).

Вопрос. Какие защиты предусматриваются при наличии со стороны нейтрали автотрансформатора отдельного добавочного трансформатора для регулирования напряжения под нагрузкой?

Ответ. В дополнение к указанным в пп. 3.2.51–3.2.57, 3.2.59, 3.2.63 Правил предусматриваются следующие защиты:

газовая защита добавочного трансформатора;

максимальная токовая защита с торможением при внешних КЗ от повреждений в первичной обмотке добавочного трансформатора, за исключением случаев, когда эта обмотка включается в зону действия дифференциальной токовой защиты цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора;

дифференциальная защита, которая охватывает вторичную обмотку добавочного трансформатора.

Для трансформатора поперечного регулирования, имеющего компенсационную обмотку и включаемого со стороны нейтрали автотрансформатора, предусматривается максимальная токовая защита от повреждений на выводах компенсационной обмотки, выполняемая с торможением при внешних однофазных КЗ.

Защита линейного добавочного трансформатора, установленного со стороны низшего напряжения автотрансформатора, осуществляется:

газовой защитой собственно добавочного трансформатора и защитой контакторного устройства РПН;

дифференциальной токовой защитой цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора или дифференциальной токовой защитой автотрансформатора (последнее допускается, если при этом обеспечивается бо́льшая чувствительность) (3.2.71).

Защита блоков генератор–трансформатор

Вопрос. От каких видов повреждений и нарушений нормального режима работы блоков генератор–трансформатор предусматриваются устройства РЗ?

Ответ. Предусматриваются:

от многофазных КЗ в обмотке статора генератора и на его выводах;

многофазных КЗ в обмотках и на выводах трансформатора;

однофазных КЗ на землю в обмотке статора генератора и на стороне генераторного напряжения;

однофазных КЗ на землю в обмотке трансформатора и на ее выводах, присоединенных к сети с большими токами замыкания на землю;

замыканий между витками одной фазы в обмотке статора генератора (при наличии выведенных параллельных ветвей обмотки);

замыканий между витками в обмотках трансформатора;

внешних КЗ;

перегрузки генератора токами обратной последовательности;

симметричной перегрузки обмотки статора генератора и обмоток трансформатора;

перегрузки обмотки ротора генератора током возбуждения (для турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток и гидрогенераторов);

повышения напряжения на статоре генератора и трансформаторе блока (для блоков с турбогенераторами с непосредственным охлаждением обмоток статора и для всех блоков с гидрогенераторами);

замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения;

асинхронного режима;

минимального напряжения при использовании гидрогенератора в режиме синхронного компенсатора и двигателя;

обратной мощности;

потери возбуждения;

снижения уровня пробоя изоляции выводов 500 и 750кВ трансформаторов;

понижения уровня масла в трансформаторе;

перевозбуждения (превышения индукции) трансформатора (3.2.72).

Вопрос. Какая защита предусматривается для защиты от многофазных КЗ в генераторах и в трансформаторах блоков, состоящих из одного генератора и одного трансформатора и имеющих выключатели в цепи генератора?

Ответ. Предусматривается отдельная продольная дифференциальная защита генератора и отдельная продольная дифференциальная защита трансформатора.

При отсутствии выключателя в цепи генератора для блоков рекомендуется также предусматривать отдельную продольную дифференциальную защиту генератора и отдельную продольную дифференциальную защиту трансформатора.

Для резервирования указанных защит допускается предусматривать общую резервную дифференциальную защиту, охватывающую генератор и трансформатор блока вместе с ошиновкой на стороне высшего напряжения блока.

При использовании в блоке двух трансформаторов и более вместо одного, а также при работе двух генераторов и более в блоке с одним трансформатором (укрупненный блок) на каждом генераторе и трансформаторе также предусматривается отдельная продольная дифференциальная защита. При отсутствии встроенных ТТ на вводах низшего напряжения трансформаторов допускается применение общей дифференциальной защиты для двух и более трансформаторов блока.

Со стороны высшего напряжения дифференциальная защита трансформатора (блока) включается на ТТ, встроенные в трансформатор блока. При этом для защиты ошиновки между выключателями на стороне высшего напряжения и трансформатором блока устанавливается отдельная дифференциальная защита.

Все отдельные дифференциальные защиты блока выполняются трехфазными, трехрелейными.

При наличии выключателя в цепи генератора резервная дифференциальная защита выполняется с выдержкой времени, превышающей время затухания тока генератора при отключении выключателя генератора (3.2.74).

Вопрос. Какая защита предусматривается на блоках с турбогенераторами мощностью более 30 МВт (с гидрогенераторами мощностью более 50 МВт)?

Ответ. Предусматривается защита от замыкания на землю в цепи генераторного напряжения, охватывающая 100 % обмотки статора.

При мощности турбогенератора 30 МВт и менее (гидрогенератора 50 МВт и менее) применяются устройства, защищающие не менее 85 % обмотки статора.

Защита выполняется с действием на отключение с выдержкой времени 0,5 с на всех блоках без ответвлений на генераторном напряжении и с ответвлениями к трансформаторам СН.

На блоках, имеющих электрическую связь с сетью СН или сетью потребителей, устанавливаются действующие на отключение селективные защиты от замыканий на землю в обмотке статора генератора и от двойных замыканий на землю, как это предусматривается на генераторах, работающих на сборные шины.

На укрупненных блоках допускается отключение всех генераторов данного блока при замыкании на землю в сети генераторного напряжения.

При наличии выключателя в цепи генератора дополнительно предусматривается сигнализация замыканий на землю на стороне генераторного напряжения трансформатора блока (3.2.75).

Вопрос. Какая защита предусматривается для защиты от замыканий между витками на генераторах, если выведены параллельные ветви обмотки статора?

Ответ. Предусматривается поперечная дифференциальная защита от витковых замыканий в одной фазе, действующая без выдержки времени (3.2.76).

Вопрос. Какая защита предусматривается на блоках с турбогенераторами с непосредственным охлаждением проводников обмоток?

Ответ. Предусматривается токовая защита обратной последовательности с интегрально-зависимой характеристикой, соответствующей характеристике допустимых перегрузок обмоток статора защищаемого генератора токами обратной последовательности. На блоках с гидрогенераторами может быть предусмотрена токовая защита обратной последовательности со ступенчатой характеристикой выдержки времени.

На блоках с турбогенераторами с косвенным охлаждением обмоток статора токовую защиту обратной последовательности допускается выполнять с независимыми выдержками времени.

Кроме защит, действующих на отключение, на всех блоках с генераторами предусматривается сигнализация перегрузки токами обратной последовательности (3.2.77).

Вопрос. Какая защита предусматривается для защиты от токов, обусловленных внешними симметричными повреждениями, на блоках с турбогенераторами, а также с гидрогенераторами мощностью 100 МВт и более?

Ответ. Предусматривается двухступенчатая дистанционная защита.

Первая ступень этой защиты, осуществляющая в основном ближнее резервирование, при необходимости выполняется с блокировкой при качаниях.

Вторая ступень осуществляет дальнее резервирование.

На блоках с генераторами, имеющими косвенное охлаждение обмоток статора, и блоках с гидрогенераторами допускается выполнение защиты от внешних симметричных КЗ (3.2.78).

Вопрос. Какая защита может быть дополнительно предусмотрена на блоках генератор–трансформатор с выключателем в цепи генератора?

Ответ. Может быть дополнительно предусмотрена максимальная токовая защита со стороны высшего напряжения блока, предназначенная для резервирования основных защит трансформатора блока при работе с отключенным генератором.

Защита выполняется с действием на отключение трансформатора блока от сети. При включении генератора эта защита автоматически выводится из действия (3.2.80).

Вопрос. С учетом каких факторов выполняются резервные защиты блоков генератор–трансформатор?

Ответ. Выполняются с учетом следующего:

на стороне генераторного напряжения трансформатора блока защита не устанавливается, а используется защита генератора;

при дальнем резервировании защита выполняется с действием с тремя выдержками времени: с первой – на деление схемы на стороне высшего напряжения блока, со второй – на отключение блока, с третьей – на полный останов блока;

при ближнем резервировании производится отключение блока (генератора) от сети, гашение поля генератора и останов блока, запрет электрического торможения генератора, если это требуется;

пусковые органы напряжения защит рекомендуется предусматривать со стороны генераторного напряжения и со стороны сети;

допускается присоединять токовую защиту обратной последовательности и дистанционную защиту к ТТ, установленным со стороны линейных выводов генератора, если предусматривается резервная дифференциальная защита блока или дополнительная резервная защита генератора, включенная на ТТ со стороны нейтрали;

для основных и резервных защит блока предусматриваются отдельные выходные реле и питание оперативным постоянным током от разных автоматических выключателей и подключение их по возможности к разным ТТ и ТН (3.2.81).

Вопрос. Как выполняется защита от перегрузки обмотки ротора током возбуждения на турбогенераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток?

Ответ. Выполняется с интегрально-зависимой выдержкой времени, которая соответствует характеристике допустимых перегрузок генератора током возбуждения. Эта защита выполняется с действием с меньшей выдержкой времени на снижение тока возбуждения, с большей – на отключение генератора.

При установке в системе возбуждения защиты от перегрузки ротора с действием на разгрузку (с двумя выдержками времени) и отключение, защита ротора от перегрузки с интегрально-зависимой характеристикой может не устанавливаться.

При невозможности включения защиты на ток ротора используются косвенные методы измерения тока ротора (с помощью датчика тока ротора по диаграмме Потье и др.).

При наличии устройств группового управления возбуждением на генераторах рекомендуется выполнять защиту с зависимой выдержкой времени.

При работе турбогенераторов с резервным возбудителем защита ротора от перегрузки остается в работе. При невозможности использования защиты с зависимой выдержкой времени допускается предусматривать на резервном возбудителе защиту с независимой выдержкой времени (3.2.83).

Вопрос. Какая защита от повышения напряжения предусматривается на блоках?

Ответ. На блоках с турбогенераторами предусматривается защита от повышения напряжения в режиме холостого хода с напряжением срабатывания около 1,2 номинального, которая автоматически выводится из действия при работе генератора на сеть. При действии защиты обеспечивается гашение поля генератора и возбудителя.

На блоках с гидрогенераторами для предотвращения повышения напряжения при сбросах нагрузки предусматривается защита от повышения напряжения с напряжением срабатывания около 1,5 номинального. Защита действует на отключение блока (генератора) и гашение поля генератора. Допускается действие защиты на останов агрегата (3.2.84).

Вопрос. Какая защита от асинхронного режима предусматривается на блоках с турбогенераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, и гидрогенераторах?

Ответ. Предусматривается защита от асинхронного режима с потерей возбуждения.

При переходе в асинхронный режим турбогенератора указанные устройства защиты выполняются с действием на сигнал и производят автоматическое переключение нагрузки СН с ответвления блока, генератор которого потерял возбуждение, на резервный источник питания.

Все гидрогенераторы и турбогенераторы, не допускающие асинхронного режима в условиях дефицита реактивной мощности в системе, при действии указанных устройств отключаются от сети.

На блоках с турбогенераторами 500 МВт и более предусматривается защита от асинхронного режима генератора без потери возбуждения. Указанная защита отстраивается от переходных процессов в энергосистеме (синхронных качаний, КЗ и др.).

Характеристики защиты от асинхронного режима генератора без потери возбуждения согласовываются по уставкам срабатывания с устройствами противоаварийной автоматики энергосистемы для прекращения асинхронного режима.

Уставки срабатывания защиты блока от асинхронного режима генератора, работающего с возбуждением, задаются соответствующими службами энергопредприятий (3.2.86).

Вопрос. Какое устройство предусматривается при наличии выключателя в цепи генератора?

Ответ. Предусматривается УРОВ (3.2.87).

Вопрос. С учетом каких факторов выполняется УРОВ 110 кВ и выше на электростанциях?

Ответ. Выполняется с учетом следующего:

для предотвращения излишнего отключения нескольких блоков резервной защитой при возникновении на одном из них неполнофазного режима в результате отказа выключателя с пофазным приводом при его отключении

на электростанциях с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, предусматривается ускоренный запуск УРОВ (например, от токовой защиты нулевой последовательности трансформатора блока со стороны сети с большим током замыкания на землю с контролем неполнофазного отключения выключателя);

для электростанций, на которых блоки генератор—трансформатор и линии имеют общие выключатели (например, при применении полуторной схемы или схемы многоугольника), предусматривается устройство телеотключения для отключения выключателя и запрета АПВ на противоположном конце линии при действии УРОВ в случае его пуска от защиты блока. Кроме того, предусматривается действие УРОВ на останов передатчика ВЧ защиты;

обеспечивается необходимая чувствительность УРОВ при КЗ на выводах низшего напряжения отпаечного трансформатора СН и отказе выключателей блока на стороне его высшего напряжения (3.2.88).

Вопрос. Какие защитные действия производятся при действии на отключение защит статора генератора и трансформатора блока от внутренних повреждений, а также резервной дифференциальной защиты блока и защит ротора генератора?

Ответ. Производится отключение поврежденного элемента от сети, гашение поля генератора и возбудителя, пуск УРОВ, останов агрегата, запрет электрического торможения при его наличии. Отключение генератора (блока) и пуск УРОВ осуществляется также при получении импульса от соответствующих технологических защит блока.

Если отключение от защиты приводит к обесточиванию нагрузки трансформатора СН, подключенного ответвлением к блоку, защита действует также на отключение выключателей в цепи рабочего источника питания СН для их перевода на питание от резервного источника с помощью АВР.

На тепловых электростанциях с блочной схемой в тепловой части в случаях отключения блока при внутренних повреждениях в генераторе или трансформаторе обеспечивается полный останов блока. При внешних повреждениях, а также при действии защит в тех случаях, когда может быть быстро восстановлена работа блока, блок переводится в режим холостого хода, если этот режим допускается тепломеханическим оборудованием (3.2.89).

Вопрос. Как выполняется защита блока?

Ответ. Выполняется согласно приведенным выше указаниям, за исключением того, что токовая защита обратной последовательности действует на отключение блока генератор—трансформатор—линия от сети независимо от наличия генераторного выключателя.

Действие защиты блока на отключение выключателя и пуск УРОВ со стороны энергосистемы передается с помощью двух взаиморезервируемых устройств телеотключения по ВЧ каналу или по проводам связи. Кроме того, рекомендуется предусматривать одновременное действие защиты блока на останов передатчика ВЧ защиты.

Для блоков с турбогенераторами (при блочной схеме в тепловой части) со стороны энергосистемы с помощью двух взаиморезервируемых устройств телеотключения на противоположный конец линии при действии защиты

шин (при двойной системе шин) или действие УРОВ (при полуторной схеме или схеме многоугольника) передаются сигналы соответственно на перевод блока в режим холостого хода или на гашение поля генератора и останов блока. Кроме того, рекомендуется использовать устройства телеотключения для ускорения гашения поля генератора и отключения СН при действии резервных защит со стороны энергосистемы.

При неполнофазном отключении выключателя со стороны сети с большим током замыкания на землю производится ускоренный запуск УРОВ.

При необходимости на блоках может устанавливаться защита от перевозбуждения трансформатора. Защита реагирует на отношение напряжения к частоте и действует с зависимой выдержкой времени на отключение трансформатора.

Защита от обратной мощности выполняется в соответствии с п. 3.2.50 Правил.

Защита от снижения уровня изоляции выводов 500 кВ выполняется в соответствии с п. 3.2.57 Правил (3.2.90).

Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 6—10 кВ

Вопрос. Какие устройства РЗ предусматриваются для линий в сетях напряжением 6—10 кВ с изолированной нейтралью, а также с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор?

Ответ. Предусматриваются устройства защиты от многофазных КЗ и от однофазных замыканий на землю (3.2.91).

Вопрос. Как выполняется защита от многофазных КЗ?

Ответ. Выполнятся, как правило, с отключением одного места повреждения в большинстве случаев двойных замыканий на землю (3.2.92).

Вопрос. Какая защита от многофазных КЗ устанавливается на одиночных линиях с односторонним питанием?

Ответ. Устанавливается, как правило, двухступенчатая токовая защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки, а вторая — в виде максимальной токовой защиты с независимой или зависимой характеристикой выдержки времени. На линии группового питания силовых трансформаторов зона действия первой ступени защиты, по возможности, охватывает всю линию до выводов высшего напряжения питаемых трансформаторов. При необходимости обеспечения термической стойкости линии или устойчивости нагрузки допускаются действие первой ступени защиты без выдержки времени и неселективная ее работа по отношению к предохранителям, установленным для защиты трансформаторов, а также поочередное АПВ. Рекомендуется, чтобы вторая ступень защиты обеспечивала отключение КЗ на выводах низшего напряжения трансформаторов, присоединенных к линии.

На нереактированных КЛ с односторонним питанием, отходящих от шин генераторного напряжения электростанций, токовые отсечки выполняются без выдержки времени, и зона их действия определяется из условия отключения КЗ, сопровождающихся снижением напряжения на шинах указанных электростанций ниже 0,5—0,6 номинального. Для выполнения

указанного условия допускается выполнять защиту неселективной в сочетании с устройствами АПВ и АВР, исправляющими полностью или частично неселективное действие защиты. Допускается устанавливать указанные отсечки также на линиях, отходящих от шин подстанций, питающих крупные синхронные электродвигатели.

Если на нереактированных КЛ с односторонним питанием, отходящих от шин электростанций, неселективные токовые отсечки не могут быть применены по условию надежности питания потребителя, то для обеспечения быстродействия допускается предусматривать защиты по п. 3.2.94 Правил, п. 2 или п. 3. Применение этих защит допускается также для рабочих линий СН тепловых электростанций и подстанций, питающих синхронные электродвигатели.

На реактированных линиях, выключатели которых не рассчитаны на отключение КЗ до реактора, токовые отсечки не допускаются (3.2.93).

Вопрос. Какие защиты рекомендуется применять на одиночных линиях с двухсторонним питанием при наличии или отсутствии обходных связей, входящих в кольцевую сеть с одним источником питания?

Ответ. Рекомендуется применять те же защиты, что и на одиночных линиях с односторонним питанием, выполняя их, при необходимости, направленными.

В целях упрощения защит и обеспечения их селективного действия допускается применять автоматическое деление сети на радиальные участки в момент возникновения повреждения с последующим автоматическим ее восстановлением.

Если ненаправленная или направленная токовая ступенчатая защита не обеспечивает требуемых быстродействия и селективности, допускается предусматривать следующие защиты:

дистанционную;

поперечную дифференциальную токовую (для сдвоенных КЛ);

продольную дифференциальную токовую для коротких участков линий; при необходимости прокладки специального кабеля только для продольной дифференциальной защиты длина его должна быть не более 3 км.

Для указанных защит в качестве резервной защиты предусматривается максимальная токовая защита (3.2.94).

Вопрос. В каком виде выполняется защита от однофазных замыканий на землю?

Ответ. Выполнятся в виде:

селективной защиты, действующей на сигнал; допускается также выполнение селективной защиты с действием на отключение линий, питающих электроустановки, имеющие резервное питание, а также электроустановки сети СН электростанций;

селективной (устанавливающей поврежденное присоединение или направление) и неселективной резервной защит, действующих на отключение, когда это необходимо по требованиям безопасности; селективная защита устанавливается на всех отходящих линиях, питающих сеть, где отключение необходимо по требованиям безопасности;

устройства контроля изоляций; при этом отыскание поврежденного элемента осуществляется специальными устройствами (3.2.96).

Вопрос. Как выполняется селективная защита от однофазных замыканий на землю?

Ответ. Выполняется, как правило, с использованием ТТ нулевой последовательности.

Защита в первую очередь реагирует на установившиеся замыкания на землю; допускается также применение устройств, регистрирующих кратковременные замыкания, без обеспечения повторности действия.

Защита от однофазных замыканий на землю, действующая на отключение без выдержки времени по требованиям безопасности, отключает только линию поврежденного направления; при этом резервная защита, выполненная в виде защиты напряжения нулевой последовательности, действует с выдержкой времени около 0,5 с на отключение шин или питающего трансформатора с запрещением АПВ и АВР.

Увеличение тока промышленной частоты специально для обеспечения действия защиты в сети с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор (например, с помощью расстройки реактора), как правило, не допускается (3.2.97).

Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 20 и 35 кВ

Вопрос. Какие устройства РЗ предусматриваются для линий в сетях напряжением 20 и 35 кВ?

Ответ. Предусматриваются устройства защиты от многофазных КЗ и однофазных замыканий на землю (3.2.98).

Вопрос. Как выполняется защита от многофазных КЗ?

Ответ. Выполняется, как правило, с отключением одного места повреждения в большинстве случаев двойных замыканий на землю. В целях повышения чувствительности к повреждениям за трансформаторами с соединением обмоток «треугольник/звезда» и «звезда/треугольник» допускается выполнение трехрелейной защиты (3.2.99).

Вопрос. Какие требования учитываются при выборе типа основной защиты?

Ответ. Учитываются требования обеспечения устойчивости работы энергосистемы и надежной работы потребителя, аналогично тому, как это учитывается для защиты линий напряжением 110 кВ (3.2.100).

Вопрос. Какие защиты от многофазных замыканий устанавливаются на одиночных линиях с односторонним питанием?

Ответ. Устанавливаются преимущественно токовые ступенчатые защиты или ступенчатые защиты тока и напряжения, а если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или быстроты отключения повреждения, например, на головных участках, – дистанционная ступенчатая защита. В последнем случае в качестве вспомогательной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени.

Для линий, состоящих из нескольких последовательных участков, в целях упрощения допускается использование неселективных ступенчатых защит тока и напряжения в сочетании с устройствами поочередного АПВ (3.2.101).

Вопрос. Какие защиты рекомендуется применять на одиночных линиях, имеющих питание с двух сторон или более (последнее – на линиях с ответвлениями), как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одним источником питания?

Ответ. Рекомендуется применять те же защиты, что и на одиночных линиях с односторонним питанием, выполняя их, при необходимости, направленными. При этом допускается неселективное отключение смежных элементов при КЗ в «мертвой» зоне по напряжению реле направления мощности, когда токовая отсечка, используемая в качестве вспомогательной защиты, не устанавливается, например, из-за недостаточной ее чувствительности (3.2.102).

Вопрос. Применение какой защиты допускается на коротких одиночных линиях с двусторонним питанием, когда это требуется по условию быстродействия?

Ответ. Допускается применение продольной дифференциальной защиты в качестве основной. Для контроля исправности вспомогательных проводов защиты предусматриваются специальные устройства.

В дополнение к продольной дифференциальной защите в качестве резервной применяется одна из защит по п. 3.2.102 Правил (3.2.103).

Вопрос. Какие защиты могут быть использованы на параллельных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, а также на питающем конце параллельных линий с односторонним питанием?

Ответ. Могут быть использованы те же защиты, что и на соответствующих одиночных линиях.

Для ускорения отключения повреждения, особенно при использовании токовых ступенчатых защит тока и напряжения, на линиях с двусторонним питанием можно применять дополнительно защиту с контролем направления мощности в параллельной линии. Эта защита может быть выполнена в виде отдельной поперечной дифференциальной токовой направленной защиты или только в виде цепи ускорения установленных защит (максимальной токовой, дистанционной) с контролем направления мощности в параллельной линии.

На приемном конце двух параллельных линий с односторонним питанием, как правило, используется поперечная дифференциальная направленная защита (3.2.104).

Вопрос. Какая защита в качестве основной защиты (при работе двух параллельных линий) применяется на двух параллельных линиях с двухсторонним питанием и на питающем конце двух параллельных линий с односторонним питанием?

Ответ. Применяется поперечная дифференциальная направленная защита, если защита по п. 3.2.104 Правил не удовлетворяет требованиям быстродействия, а защита с контролем направления мощности в параллельной линии неприменима или нежелательна.

При этом в режиме работы одной линии, а также в качестве резервной при работе двух линий используется ступенчатая защита по пп. 3.2.101 и 3.2.102 Правил. Допускается включение этой защиты или отдельных ее ступеней на сумму токов обеих линий (например, резервной ступени – в целях

увеличения ее чувствительности к повреждениям на смежных элементах). Допускается также использование поперечной дифференциальной направленной защиты в дополнение к ступенчатым токовым защитам для уменьшения времени отключения повреждения на защищаемых линиях, если по условию быстродействия ее установка не обязательна. В отдельных случаях на коротких параллельных линиях допускается применение продольной дифференциальной защиты (3.2.105).

Защита линий в сетях напряжением 110–750 кВ

Вопрос. Какие устройства РЗ предусматриваются для линий напряжением 110–750 кВ, работающих в сетях с глухо и эффективно заземленной нейтралью?

Ответ. Предусматриваются устройства защиты от многофазных КЗ, от КЗ на землю, а на линиях, оборудованных выключателями с пофазным приводом, – от неполнофазного режима (3.2.106).

Вопрос. Какие системы защит предусматриваются для обеспечения надежного отключения КЗ при возникновении одного отказа в срабатывании любого из устройств (систем) РЗ в расчетном режиме на всех элементах сети 500–750 кВ?

Ответ. Предусматриваются две независимые системы защит.

Для линий напряжением 500–750 кВ предусматриваются две быстродействующие защиты от всех видов КЗ на всей длине линии. В качестве одной из этих защит применяется защита абсолютной селективности (например, ВЧ), в качестве второй – например, ускоряемые с помощью передачи ВЧ сигналов ступени резервных защит линии. При этом ВЧ каналы этих защит осуществляются по разным фазам.

Для ВЧ защит и передачи сигналов на ускорение действия защит используется аппаратура и ВЧ каналы, удовлетворяющие указаниям гл. 3.6 Правил.

Случай одновременного отказа в срабатывании обеих систем защиты (по одному отказу в каждой из систем; вывод защиты одной системы и отказ второй системы) принимается нерасчетным.

Для отключения КЗ в нерасчетных случаях, а также для обеспечения отключения КЗ в особых условиях предусматривается дальнее резервирование.

В случае недостаточной чувствительности части защит, осуществляющих дальнее резервирование, допускается их поочередное действие.

Если дальнее резервирование не обеспечивается по чувствительности с учетом поочередного действия, предусматривается разделение сети на линиях станции (подстанции).

В отдельных случаях (например, при наличии секционных выключателей) может предусматриваться разделение с целью повышения селективности дальнего резервирования.

При недостаточной эффективности деления или невозможности его осуществления (например, деление с отключением большого количества выключателей) на данном объекте предусматриваются дополнительные

резервные защиты на линии, при повреждении которой не обеспечивается дальнее резервирование (3.2.107).

Вопрос. Как определяется необходимость установки основной быстродействующей защиты абсолютной селективности для линий напряжением 110–220 кВ?

Ответ. Необходимость установки такой защиты определяется исходя из следующих указаний:

сохранение устойчивости работы энергосистемы. При этом может быть принято, что указанное требование, как правило, удовлетворяется, когда трехфазные КЗ на линии, при которых остаточное напряжение на шинах электростанций и подстанций для линий напряжением 110–220 кВ ниже (0,6–0,7) $U_{ном}$, отключаются без выдержки времени;

сохранение устойчивости синхронной нагрузки;

обеспечение надежной работы электроустановок потребителей. С этой целью должны отключаться без выдержки времени, например, повреждения с остаточным напряжением прямой последовательности на шинах электростанций и подстанций ниже 0,6 $U_{ном}$, если отключение их с выдержкой времени может привести к саморазгрузке вследствие лавины напряжения, или повреждения с остаточным напряжением прямой последовательности 0,6 $U_{ном}$ и более, если отключение их с выдержкой времени может привести к нарушению технологии или значительному сбросу нагрузки;

допускается применение быстродействующих защит в сложных сетях и при отсутствии изложенных выше условий, если необходимая селективность не обеспечивается ступенчатыми защитами (3.2.108).

Вопрос. Чем необходимо руководствоваться при оценке обеспечения требований устойчивости исходя из значений остаточного напряжения?

Ответ. Необходимо руководствоваться следующим:

для одиночной связи между электростанциями или энергосистемами остаточное напряжение проверяется на шинах подстанций и электростанций, входящих в данную связь, при КЗ на линиях, отходящих от этих шин, кроме линий, образующих связь; для связи, содержащей часть участков с параллельными линиями, также при КЗ на каждой из этих параллельных линий;

при наличии нескольких связей между электростанциями или энергосистемами значение остаточного напряжения проверяется на шинах только тех подстанций или электростанций, где соединяются эти связи, при КЗ на связях и на других линиях, питающихся от этих шин, а также на линиях, питающихся от шин подстанций связей;

остаточное напряжение проверяется при КЗ в конце зоны, охватываемой защитой (ступенью) без выдержки времени в режиме каскадного отключения повреждения, то есть после отключения выключателя с противоположного конца линии защитой без выдержки времени (3.2.109).

Вопрос. Какие защиты устанавливаются на одиночных линиях напряжением 110–220 кВ с односторонним питанием?

Ответ. Устанавливаются ступенчатые токовые защиты или ступенчатые защиты тока и напряжения от многофазных КЗ. Если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или быстродействия, например, на головных участках, или если это целесообразно по условию

согласования защит смежных участков с защитой рассматриваемого участка, предусматривается ступенчатая дистанционная защита. В последнем случае в качестве вспомогательной защиты рекомендуется дополнительно использовать токовую отсечку без выдержки времени.

От КЗ на землю предусматривается, как правило, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности.

Защита устанавливается, как правило, только с тех сторон, откуда может быть подано питание. В необходимых случаях предусматривается ближнее резервирование защит.

Для сетей, состоящих из нескольких последовательных линий, с целью упрощения допускается использование неселективных ступенчатых защит тока и напряжения от многофазных КЗ и ступенчатых токовых защит нулевой последовательности от КЗ на землю в сочетании с устройствами поочередного АПВ (3.2.110).

Вопрос. Какие защиты рекомендуется применять на одиночных линиях, имеющих питание с двух или более сторон (на линиях с ответвлениями), как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания?

Ответ. Рекомендуется применять ступенчатые защиты от междуфазных КЗ и КЗ на землю, например: от многофазных КЗ – дистанционную защиту; от КЗ на землю – токовую направленную или ненаправленную защиту нулевой последовательности; эти защиты могут использоваться в качестве резервных или (и) основных (последнее – только на линиях напряжением 110–220 кВ).

В качестве вспомогательной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени (3.2.111).

Вопрос. Какие защиты рекомендуется устанавливать на приемном конце головных участков кольцевой сети с одной точкой питания, не содержащих ответвлений?

Ответ. Рекомендуется устанавливать одноступенчатые направленные защиты без выдержки времени (токовую или дистанционную от многофазных КЗ и токовую нулевой последовательности от КЗ на землю) (3.2.112).

Вопрос. Какие защиты предусматриваются для одиночных и параллельных линий напряжением 110–220 кВ с двух- и многосторонним питанием?

Ответ. Предусматриваются основные защиты абсолютной селективности (ВЧ или продольные дифференциальные).

При необходимости прокладки специального кабеля использование продольной дифференциальной защиты обосновывается.

Предусматривается контроль исправности вспомогательных проводников защиты.

В отдельных случаях, когда это требуется по условиям быстродействия или чувствительности (например, на линиях с ответвлениями), вместо вышеуказанных защит рекомендуется предусматривать быстродействующую защиту линии, выполненную с ускорением ступеней резервных защит линии с помощью передачи ВЧ сигналов.

Для особо ответственных линий напряжением 110–220 кВ на случай отказа или выведения из действия основной быстродействующей защиты, когда отключение КЗ на линии резервной защитой с выдержкой времени

может привести к нарушению устойчивости нагрузки, к нарушению технологии особо ответственных производств, надежной работы АЭС, а также требований экологии, предусматривается, при наличии обоснования, вторая быстродействующая защита линии (например, выполненная с ускорением ступеней резервных защит линии с помощью передачи ВЧ сигналов).

На кабельных и кабельно-воздушных линиях, а также на ВЛ напряжением 110–220 кВ в местах массовой застройки (при достаточном обосновании) устанавливаются две основные быстродействующие защиты и максимальная защита от перегрузки (3.2.115).

Вопрос. Какие защиты применяются в качестве резервных при выполнении основной защиты?

Ответ. В качестве резервных применяются:

от многофазных КЗ – как правило, ступенчатые дистанционные защиты;

от КЗ на землю – ступенчатые токовые направленные или ненаправленные защиты нулевой последовательности.

На случай длительного выведения из действия основной защиты, когда эта защита установлена по требованию быстроты отключения повреждения, допускается предусматривать оперативное ускорение отдельных ступеней резервных защит.

На линиях 330–750 кВ предусматривается защита от неполнофазного режима, возникающего при отключении или включении линии не всеми фазами.

Защита выполняется с пуском от защит от непереключения фаз каждого выключателя линии с контролем по току нулевой последовательности в линии и с контролем положения тех выключателей, отключение любого из которых при непереключении фаз данного выключателя приводит к возникновению неполнофазного режима. Защита действует с выдержкой времени на отключение линии с запретом трехфазного АПВ (ТАПВ), передачу отключающего сигнала с запретом ТАПВ на другой конец линии и пуск УРОВ.

Допускается предусматривать защиту от неполнофазного режима на линиях напряжением 110–220 кВ с выключателями с пофазным приводом, если ложное срабатывание защит смежных линий в этом режиме не может быть предотвращено другими средствами (например, согласованием защит в неполнофазном режиме). Защита выполняется с действием на данном конце линии на останов передатчика ВЧ защиты и на отключение выключателей (3.2.116).

Вопрос. В каком исполнении применяются измерительные органы основных защит, быстродействующих ступеней резервных защит и устройств ОАПВ для линий напряжением 330–750 кВ?

Ответ. Применяются специального исполнения, которое обеспечивает нормальное функционирование защит и ОАПВ в условиях интенсивных переходных электромагнитных процессов и значительных емкостных проводимостей линий.

При включении быстродействующих защит на сумму токов двух ТТ или более в случае невозможности выполнения указаний п. 3.2.29 Правил или в случаях, когда защита может излишне срабатывать вследствие

влияния тока небаланса при внешних повреждениях, рекомендуется предусматривать специальные мероприятия для исключения излишнего срабатывания (например, устанавливать в цепи линии отдельный комплект ТТ для питания защиты).

На электропередачах, оборудованных устройствами продольной емкостной компенсации, в защитах линий в случае необходимости предусматриваются мероприятия, обеспечивающие правильное функционирование защит при КЗ (3.2.117).

Вопрос. Как выполняются устройства РЗ в случае применения ОАПВ?

Ответ. Выполняются так, чтобы:

при КЗ на землю одной фазы было обеспечено отключение только одной фазы (с последующим ее АПВ);

при неуспешном повторном включении на повреждения одной фазы производилось отключение одной или трех фаз в зависимости от того, предусматривается длительный неполнофазный режим работы линии или не предусматривается;

при других видах повреждений защита действовала на отключение трех фаз (3.2.118).

Защита шин и ошиновок. Защита на обходном, шиносоединительном и секционном выключателях

Вопрос. Для каких шин предусматриваются отдельные устройства РЗ?

Ответ. Для сборных шин электростанций и подстанций напряжением 110 кВ и выше (3.2.119)

Вопрос. В каких случаях предусматриваются отдельные устройства РЗ для сборных шин электростанций и подстанций напряжением 35 кВ?

Ответ. Отдельные устройства РЗ предусматриваются:

по условиям, приведенным в п. 3.2.108 Правил;

для двух систем или секций шин, если при использовании для их разделения защиты, установленной на шиносоединительном (секционном) выключателе, или защит, установленных на элементах, которые питают данные шины, не удовлетворяются требования надежности питания потребителей (с учетом возможностей, обеспечиваемых устройствами АПВ и АВР);

для секций шин КРУ (3.2.120).

Вопрос. Какая защита предусматривается для сборных шин электростанций и подстанций напряжением 35 кВ и выше?

Ответ. Предусматривается дифференциальная токовая защита, охватывающая все элементы, которые присоединены к системе или секции шин.

Защита осуществляется с применением специальных органов тока, отстроенных от переходных и установившихся токов небаланса (например, органов, включенных через насыщающиеся ТТ, органов с торможением и др.).

При присоединении трансформатора (автотрансформатора) напряжением 220 кВ и выше более чем через один выключатель рекомендуется предусматривать для защиты ошиновки отдельную дифференциальную токовую защиту, а при присоединении к сборным шинам (например, при схеме «шины–трансформатор») использовать дифференциальную защиту шин.

Для электроустановок напряжением 500–750 кВ предусматриваются две дифференциальные токовые защиты шин (ошиновки).

В отдельных случаях допускается установка двух защит шин (ошиновок) напряжением 35–330 кВ по условию сохранения устойчивости нагрузки, обеспечения надежной работы АЭС, а также предотвращения нарушения технологии особо ответственных производств и обеспечения требований экологии (3.2.121).

Вопрос. Какая защита предусматривается для секционированных шин генераторного напряжения 6–10 кВ электростанций?

Ответ. Предусматривается двухступенчатая неполная дифференциальная защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки, отсечки по току и напряжению или дистанционной защиты, а вторая – в виде максимальной токовой защиты. Защита выполняется с действием на отключение питающих элементов и трансформатора СН.

Если при указанном выполнении второй ступени защиты не обеспечивается требуемая чувствительность при КЗ в конце питаемых реактированных линий (нагрузка на шинах генераторного напряжения большая, выключатели питаемых линий установлены за реакторами), то эта защита выполняется в виде отдельных комплектов максимальных токовых защит с пуском или без пуска напряжения, устанавливаемых в цепях реакторов; действие этих комплектов на отключение питающих элементов контролируется дополнительным устройством, срабатывающим при возникновении КЗ. Предусматриваются дифференциальная токовая защита секционного реактора, а также токовая защита в цепи секционного выключателя.

При выделении части питающих элементов на резервную систему шин предусматривается неполная дифференциальная защита шин в исполнении для фиксированного распределения элементов.

Рекомендуется выполнять защиту шин с учетом перевода генераторов с одной секции на другую в ремонтных режимах (3.2.124).

Вопрос. Следует ли предусматривать специальные устройства РЗ для одиночной секционированной и двойной систем шин напряжением 6–10 кВ, не размещенных в КРУ и КРУН понижающих подстанций?

Ответ. Как правило, не следует. Ликвидация КЗ на шинах осуществляется действием защит трансформаторов от внешних КЗ и защит, установленных на секционном или шиносоединительном выключателе. В целях повышения чувствительности и ускорения действия защиты шин мощных подстанций допускается применять защиту, включенную на сумму токов питающих элементов. При наличии реакторов на линиях, отходящих от шин подстанций, допускается защиту шин выполнять по аналогии с защитой шин электростанций.

Для ячеек 6–35 кВ КРУ и КРУН используются устройства защиты, обеспечивающие локализационную способность ячейки при отключении КЗ, сопровождающегося горением дуги (3.2.126).

Вопрос. Как используются ТТ в защите шин?

Ответ. При наличии ТТ, встроенных в выключатели, для дифференциальной защиты шин и для защит присоединений, отходящих от этих шин, используются ТТ, размещенные с разных сторон выключателя, чтобы повреждения в выключателе входили в зоны действия этих защит.

Если выключатели не имеют встроенных ТТ, то предусматриваются выносные ТТ только с одной стороны выключателя и устанавливаются, по возможности, так, чтобы выключатели входили в зону действия дифференциальной защиты шин. При этом в защите двойной системы шин с фиксированным распределением элементов предусматривается использование двух сердечников ТТ в цепи шиносоединительного выключателя.

При применении отдельных дистанционных защит в качестве защиты шин ТТ этих защит в цепи секционного выключателя устанавливаются между секцией шин и реактором (3.2.127).

Вопрос. Какие устройства защиты предусматриваются для обходного выключателя 110–220 кВ?

Ответ. Предусматриваются устройства защиты на случай замены этим выключателем выключателя любой из линий и вывода из работы устройств защиты этой линии. Как правило, для обходного выключателя предусматриваются следующие защиты:

ступенчатая дистанционная защита и токовая отсечка от междуфазных КЗ;

ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности от КЗ на землю (3.2.129).

Вопрос. Какие защиты предусматриваются на шиносоединительном и секционном выключателях?

Ответ. Предусматриваются защиты для резервирования защиты шин на случай ее отказа или вывода ее из работы, а также для разделения систем или секций шин при КЗ на присоединениях с целью обеспечения селективной ликвидации КЗ. Как правило, на шиносоединительном и секционном выключателях предусматриваются:

ступенчатая токовая защита от многофазных КЗ;

ступенчатая токовая защита нулевой последовательности от КЗ на землю.

В случае необходимости допускается применение направленных токовых или дистанционных защит.

На шиносоединительном и секционном выключателях 35 кВ предусматривается ступенчатая токовая защита от многофазных КЗ.

На шиносоединительном и секционном выключателях 110–220 кВ, предназначенных для выполнения также и функции обходного выключателя, предусматриваются те же защиты, что и для отдельного обходного выключателя.

Рекомендуется предусматривать перевод основных быстродействующих защит линий и трансформаторов 110–220 кВ на обходной выключатель.

На шиносоединительном и секционном выключателях 6–10 кВ предусматривается максимальная токовая защита от многофазных КЗ (3.2.130).

Защита синхронных компенсаторов

Вопрос. Как выполняются устройства РЗ синхронных компенсаторов?

Ответ. Выполняются аналогично предусматриваемым для генераторов соответствующих мощностей со следующими отличиями:

защита от токов, обусловленных симметричной перегрузкой, действующая на сигнал, выводится на период пуска, если в этом режиме возможно ее действие;

предусматривается минимальная защита напряжения, действующая на отключение выключателя синхронного компенсатора. Напряжение срабатывания защиты принимается равным (0,1–0,2) $U_{ном}$, выдержка времени – около 10 с;

предусматривается защита, действующая при кратковременном исчезновении питания подстанции (например, в бестоковую паузу АПВ питающей линии). Защита выполняется в виде минимальной защиты частоты и выполняется с действием на отключение выключателя синхронного компенсатора или на АГП. Допускается использование защиты, выполненной на других принципах, например, реагирующей на скорость снижения частоты;

на синхронных компенсаторах мощностью 50 Мвар и более предусматривается защита от потери возбуждения (снижения тока возбуждения ниже допустимого предела) с действием на отключение синхронного компенсатора или на сигнал.

Для синхронных компенсаторов, на которых предусматривается возможность перевода в режим работы с отрицательным током ротора, эту защиту допускается не применять (3.2.131).

Вопрос. Как выполняется защита от перегрузки синхронного компенсатора на подстанциях без постоянного дежурства персонала?

Ответ. Выполняется с независимой выдержкой времени и с действием с меньшей выдержкой времени на сигнал и снижение тока возбуждения, а с большей – на отключение синхронного компенсатора (если предотвращение длительных перегрузок не обеспечивается устройствами автоматического регулирования возбуждения) (3.2.132).

Вопрос. Как выполняется защита от замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения синхронного компенсатора?

Ответ. Выполняется с действием на отключение. Защита обеспечивается выдержкой времени для отстройки от переходных режимов (3.2.133).

Электромагнитная совместимость (ЭМС) устройств релейной защиты

Вопрос. По какому условию выбираются устройства РЗ?

Ответ. Выбираются по условию помехозащищенности, достаточной для выполнения ее основных функций при наихудших возможных параметрах электромагнитной обстановки. Устройства РЗ, содержащие микроэлектронные и микропроцессорные элементы, проходят испытания по ЭМС согласно действующим нормативным документам (3.2.134).

Вопрос. Как выполняется защитное заземление устройств РЗ?

Ответ. Выполняется путем присоединения всех шкафов, панелей и корпусов устройств РЗиА к закладным протяженным элементам (полосам, швеллерам), проложенным в полу, к которым крепятся эти устройства (3.2.136).

Закладные части присоединяются к заземлению здания стальной шиной сечением не менее 100 мм^2 (3.2.137).

Рабочее заземление устройств РЗиА допускается осуществлять присоединением рабочих (схемных) точек заземления устройств кратчайшим путем к зажимам защитного заземления панелей (шкафов) и корпусов этих устройств (3.2.138).

Вопрос. Какие требования предъявляются к закладным элементам, проложенным в полу параллельно, для снижения входного сопротивления рабочего заземления?

Ответ. Закладные элементы должны быть соединены друг с другом по концам и в промежуточных точках с шагом 4–6 м стальной полосой сечением не менее 100 мм с помощью сварки (3.2.139).

Вопрос. Какие помещения допускается использовать для размещения устройств РЗ?

Ответ. Допускается использовать помещения, электромагнитная обстановка которых по одному или нескольким параметрам не удовлетворяет предъявленным требованиям. Однако в этом случае все устанавливаемые в таком помещении устройства РЗ испытываются на ЭМС со степенями жесткости, гарантирующими нормальную работу этих устройств в данном помещении (3.2.141).

Глава 3.3. АВТОМАТИКА

Область применения. Общие указания

Вопрос. На какие средства автоматики распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на средства автоматики, предназначенные для осуществления:

автоматического повторного включения (АПВ) линий или фаз линий, шин и прочих электроустановок после их автоматического отключения;

автоматического включения резервного питания или оборудования (АВР);

автоматического включения синхронных генераторов на параллельную работу;

автоматического регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности;

автоматического регулирования частоты и активной мощности (АРЧМ);

автоматического противоаварийного управления, в том числе:

- автоматического предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ);
- автоматической ликвидации асинхронного режима (АЛАР);
- автоматического ограничения снижения частоты (АОСЧ), в том числе автоматической частотной разгрузки (АЧР);
- автоматического ограничения повышения частоты (АОПЧ);
- автоматического ограничения снижения напряжения (АОСН);
- автоматического ограничения повышения напряжения (АОПН);
- автоматической разгрузки оборудования (АРО) (ограничение перегрузки).

На средства противоаварийной автоматики (ПА) возлагается задача предотвращения и ограничения развития аварийных процессов в энергосистеме с целью сведения к минимуму ущерба у потребителей. Важнейшей задачей ПА является предотвращение общесистемных аварий, сопровождающихся нарушением электроснабжения потребителей на значительной территории.

В качестве аварийных процессов рассматриваются:

процесс нарушения устойчивости, вызванный аварийным возмущением, то есть внезапным резким и существенным изменением состояния энергосистемы в результате КЗ, непредвиденного отключения элементов из-за их повреждения или ошибочных действий защиты, автоматики или персонала;

асинхронный режим, аварийное снижение или повышение частоты или напряжения, вне зависимости от вызывающей его причины.

Все энергообъекты, электростанции и подстанции оснащаются устройствами автоматики в соответствии с указаниями данной главы Правил применительно к конкретным условиям работы (3.3.1).

Автоматическое повторное включение (АПВ)

Вопрос. С какой целью и для каких электросетей и электрооборудования предусматривается АПВ?

Ответ. Предусматривается для быстрого восстановления питания потребителей, межсистемных и внутренних связей, а также для улучшения условий сохранения устойчивости путем автоматического включения выключателей, отключенных устройствами РЗ или отключившимися самопроизвольно тремя фазами.

Предусматривается АПВ:

воздушных и кабельно-воздушных (смешанных) линий напряжением выше 1 кВ. Отказ от применения АПВ должен быть в каждом отдельном случае обоснован;

шин и ошиновок электростанций и подстанций.

Рекомендуется также предусматривать АПВ трансформаторов (кроме случаев отключения трансформаторов защитами от внутренних повреждений), ответственных электродвигателей, отключаемых для обеспечения самозапуска других электродвигателей, КЛ 35 кВ и ниже в случаях, когда оно может быть эффективным при повреждениях вне кабеля (например, наличие нескольких промежуточных сборок, питание по одной линии нескольких подстанций).

На КЛ 110–220 кВ АПВ, как правило, не применяется.

Как правило, предусматриваются также устройства АПВ на обходных, шиносоединительных и секционных выключателях, если на них не предусматривается АВР (3.3.2).

Вопрос. Как выполняются устройства АПВ?

Ответ. Устройства АПВ выполняются так, чтобы они не действовали:

при отключении выключателя персоналом дистанционно или при помощи телеуправления;

отключении выключателя от РЗ непосредственно после включения его персоналом при опробовании;

при повторном отключении выключателя от РЗ до истечения времени готовности устройства АПВ к повторному действию, выбираемого исходя из допустимых циклов работы выключателя и отсчитываемого от момента последнего включения выключателя;

отключении выключателя защитой от внутренних повреждений трансформатора, шунтирующего реактора и вращающихся машин устройствами ПА, УРОВ, а также в других случаях отключения выключателей, когда действие АПВ недопустимо.

Устройства АПВ выполняются так, чтобы была исключена возможность многократного включения на КЗ (кроме случаев двукратного АПВ).

Устройства АПВ выполняются с автоматическим возвратом.

Предусматривается возможность ввода и вывода устройств АПВ персоналом (3.3.3).

Вопрос. Что предусматривается при применении АПВ?

Ответ. Как правило, предусматривается ускорение действия (и, при необходимости, повышение чувствительности) РЗ включаемого под напряжением оборудования на случай неуспешного АПВ.

Ускорение действия защиты при неуспешном АПВ выполняется с помощью тех же элементов, которые используются при включении выключателя оперативным персоналом или устройствами АВР.

Не рекомендуется ускорять защиту элемента сети, на котором уже имеется рабочее напряжение.

Допускается не ускорять после АПВ действие защит линий 35 кВ и ниже, выполненных с реле прямого действия (3.3.4).

Вопрос. Какие устройства ТАПВ могут применяться?

Ответ. Могут применяться устройства ТАПВ однократного и двукратного действия (последнее – если это допустимо по условиям работы выключателя). Устройства ТАПВ двукратного действия рекомендуется применять для ВЛ, в особенности одиночных с односторонним питанием. Допускается его применение на ВЛ с двусторонним питанием, если это целесообразно для упрощения РЗ (например, на линиях с промежуточной подстанцией типа «мостик с выключателем в перемычке», оборудованной упрощенной делительной защитой, отключающей этот выключатель после неуспешного АПВ первого цикла с питающих концов). В сетях 35 кВ и ниже устройства ТАПВ двукратного действия рекомендуется применять в первую очередь для линий, не имеющих резервирования по сети. При подключении на ответвлениях к линии 110–220 кВ с двусторонним питанием двух или более трансформаторов и наличии в составе нагрузки синхронных двигателей допускается применять устройства ТАПВ двукратного действия для обеспечения восстановления питания потребителей при неустойчивых КЗ на линии с минимальной возможной выдержкой времени первого цикла, а при повреждении трансформатора – со временем второго цикла, учитывающим время отключения синхронных двигателей и последующего отключения отделителя поврежденного трансформатора.

В сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор (резистор) нейтралью, как правило, применяется блокировка второго цикла АПВ в случае замыкания на землю после АПВ первого цикла (например, по наличию напряжения нулевой последовательности). Выдержка времени второго цикла принимается не менее 15–20 с (3.3.6).

Вопрос. Какой должна быть выдержка времени устройства ТАПВ (для двукратного действия на линиях с двусторонним питанием – выдержка времени первого цикла АПВ)?

Ответ. Должна быть минимально возможной с учетом времени погасания дуги и деионизации среды в месте повреждения, а также с учетом времени готовности выключателя и его привода к повторному действию.

Выдержка времени однократного ТАПВ и первого цикла устройства двукратного ТАПВ на линии с двусторонним питанием выбирается также с учетом возможного неодновременного отключения повреждения с обоих

концов линии; при этом время действия защит, предназначенных для дальнего резервирования, не учитывается.

С целью повышения эффективности ТАПВ однократного действия допускается увеличивать его выдержку времени (с учетом особенностей работы потребителя).

Выдержка времени ТАПВ во втором цикле принимается не менее 15–20 с (3.3.7).

Вопрос. Какие устройства ТАПВ устанавливаются на одиночных линиях 110 кВ и выше с односторонним питанием, для которых в случае неуспешного ТАПВ предусматривается переход на длительную работу двумя фазами?

Ответ. Устанавливается ТАПВ двукратного действия на питающем конце линии (3.3.8).

Вопрос. Какие устройства ТАПВ устанавливаются на одиночных линиях с односторонним питанием при наличии на приемной подстанции синхронной нагрузки?

Ответ. Устанавливаются устройства ТАПВ с проверкой отсутствия напряжения на линии (3.3.9).

Вопрос. Какие виды ТАПВ предусматриваются на линиях с двух- и многосторонним питанием?

Ответ. Предусматривается один из следующих видов ТАПВ:

с контролем синхронизма;

ускоренное;

несинхронное;

с улавливанием синхронизма;

с самосинхронизацией;

без контроля синхронизма.

Возможны также сочетания этих видов ТАПВ.

При всех видах ТАПВ на конце линии, включаемом первым, может применяться в зависимости от конкретных условий устройство АПВ с контролем отсутствия напряжения, отсутствия симметричного напряжения и без контроля напряжения (3.3.10).

Вопрос. На каких линиях применяется ТАПВ с контролем синхронизма?

Ответ. Применяется на линиях с двусторонним питанием при наличии двух шунтирующих связей, а также при наличии трех шунтирующих связей, если вероятно одновременное длительное отключение двух из этих связей, например, двухцепной линии. При применении ТАПВ с контролем синхронизма измерение скольжения и формирование команды на включение производится в зоне допустимых углов включения.

АПВ с контролем синхронизма выполняется на одном конце линии с контролем отсутствия напряжения и с контролем наличия синхронизма (с проверкой наличия напряжения на линии и на шинах), на другом конце – только с контролем наличия синхронизма (с контролем наличия напряжения на линии и на шинах).

При применении АПВ с контролем синхронизма схемы устройств выполняются одинаковыми на обоих концах с учетом возможности изменения очередности включения линии при АПВ.

Рекомендуется использовать устройства АПВ с контролем синхронизма в схемах полуавтоматического включения линии в транзит персоналом (3.3.11).

Вопрос. На каких линиях рекомендуется предусматривать ускоренное ТАПВ?

Ответ. Рекомендуется предусматривать преимущественно на линиях 330 кВ и выше с целью снижения выдержки времени включения отключившейся линии с обеих сторон, когда это необходимо по условию сохранения устойчивости энергосистем. Ускоренное ТАПВ пускается при срабатывании быстродействующих защит, защищающих всю линию.

Устройство ускоренного ТАПВ выполняется с возможностью включения линии на конце, включаемом первым, с контролем отсутствия напряжения, отсутствия симметричного напряжения или без контроля напряжения; на конце, включаемом вторым, используется контроль синхронизма, включающий в себя контроль напряжения на линии и шинах.

Устройство ускоренного ТАПВ выполняется с возможностью осуществления ТАПВ с контролем синхронизма при выведении из действия быстродействующих защит или при их отказе в срабатывании.

Выдержка времени ТАПВ выбирается по условию погасания дуги и деионизации среды в месте КЗ. На линиях 750 кВ с шунтирующими реакторами допускается применять выдержку времени с учетом затухания переходного процесса.

Ускоренное ТАПВ кратковременно блокируется на время работы УРОВ.

На линиях напряжением не выше 330 кВ допускается осуществлять ускоренное ТАПВ, выполняемое на обоих концах с пуском от быстродействующих защит без контроля напряжения и синхронизма. Ускоренное ТАПВ может применяться на одиночных линиях, если после включения обеспечивается сохранение синхронной параллельной работы систем и при этом максимальный электромагнитный момент синхронных генераторов и компенсаторов меньше (с учетом необходимого запаса) электромагнитного момента, возникающего при трехфазных КЗ на выводах машины (3.3.12).

Вопрос. На каких линиях рекомендуется применять несинхронное АПВ?

Ответ. Рекомендуется применять на одиночных линиях 110–220 кВ, если:

максимальный электромагнитный момент синхронных генераторов и компенсаторов, возникающий при несинхронном включении, меньше (с учетом необходимого запаса) электромагнитного момента, возникающего при трехфазном КЗ на выводах машины; при этом в качестве практических критериев оценки допустимости несинхронного АПВ применяются расчетные начальные значения периодических составляющих токов статора при угле включения 180°;

максимальный ток через трансформатор (автотрансформатор) при угле включения 180° меньше допустимого тока КЗ на его выводах;

после АПВ обеспечивается достаточно быстрая ресинхронизация (если в результате несинхронного АПВ возможно возникновение длительного асинхронного режима, применяются специальные мероприятия для его предотвращения или ликвидации).

Рекомендуется также рассматривать возможность использования несинхронного АПВ с учетом загрубления токовых защит нулевой последовательности при отстройке их от токов небаланса при несинхронном включении.

При соблюдении этих условий, но для случая отключения всех связей, несинхронное АПВ рекомендуется применять для линий 110–220 кВ при наличии двух связей, а также при наличии трех связей, если вероятно одновременное длительное отключение двух из них (например, двухцепной линии).

При выполнении несинхронного АПВ применяются меры по предотвращению излишнего срабатывания защиты. С этой целью рекомендуется, в частности, выполнять в дистанционной защите блокировку при качаниях с возвратом через заданное время и осуществлять включение выключателей в определенной последовательности: с одной из сторон – с контролем отсутствия напряжения на линии, и в случае успешного АПВ – с другой стороны с контролем наличия напряжения (3.3.13).

Вопрос. На каких линиях рекомендуется применять устройство ТАПВ с улавливанием синхронизма?

Ответ. Рекомендуется применять на одиночных линиях с двусторонним питанием при допустимых значительных (примерно до 6 %) скольжениях и допустимом угле. Устройство АПВ с улавливанием синхронизма рекомендуется применять на линиях, имеющих шунтирующие связи, когда последние могут быть длительно отключены или их пропускная способность недостаточна для обеспечения устойчивости параллельной работы связываемых ими частей энергосистемы. На первом конце линии включение выключателя осуществляется с контролем отсутствия напряжения, на втором – с улавливанием синхронизма и наличием напряжения (3.3.14).

Вопрос. Какие устройства АПВ могут применяться на одиночных линиях с двусторонним питанием, связывающих систему с электростанцией небольшой мощности?

Ответ. Могут также применяться ТАПВ:

с автоматической самосинхронизацией гидрогенераторов – для гидроэлектростанций;

в сочетании с делительными устройствами – для гидро- и теплоэлектростанций (3.3.15).

Вопрос. На каких линиях применяется АПВ без проверки синхронизма?

Ответ. Применяется на линиях с двусторонним питанием при наличии четырех шунтирующих связей и более, а также при наличии трех шунтирующих связей, если в последнем случае одновременное длительное отключение двух из этих связей маловероятно (например, если все линии одноцепные) (3.3.17).

Вопрос. На каких линиях допускается применение ОАПВ?

Ответ. ОАПВ применяется, как правило, на линиях 330 кВ и выше; допускается применение ОАПВ также и на линиях 220 кВ.

Устройство ОАПВ применяется:

на одиночных межсистемных или внутрисистемных линиях электропередачи;

на межсистемных линиях с двумя шунтирующими связями и более при условии, что отключение одной из них и отключение рассматриваемой линии тремя фазами может привести к нарушению устойчивости энергосистемы;

на межсистемных и внутрисистемных линиях, если трехфазное отключение линии может привести к недопустимой перегрузке других линий с возможностью нарушения статической устойчивости энергосистемы;

на линиях, связывающих с системой крупные блочные электростанции;

на линиях электропередачи, где осуществление ТАПВ сопряжено со значительным сбросом нагрузки.

Пуск устройства ОАПВ осуществляется, как правило, при срабатывании быстродействующих защит линии. При этом обеспечивается выбор и отключение поврежденной фазы и ее АПВ при однофазном КЗ (с одновременным воздействием на автоматику шунтирующих реакторов) и отключение трех фаз линии при многофазных КЗ.

Устройство ОАПВ осуществляет также следующие функции:

отключение трех фаз при неуспешном ОАПВ или при отказе срабатывания избирательного органа;

использование избирательного органа в качестве самостоятельной неселективной защиты линии при ТАПВ и оперативном включении линии, а также в неполнофазном режиме цикла ОАПВ, если избирательные органы отстроены от качания и неполнофазных режимов;

пофазный пуск УРОВ линейных выключателей;

блокировку в цикле ОАПВ ступеней токовой защиты от КЗ на землю, не отстроенных от неполнофазного режима;

автоматический перевод действия защит линии на отключение трех фаз помимо устройства ОАПВ при выводе его из работы, исчезновении на нем оперативного постоянного тока;

пуск ВЧ сигналов ускорения резервных защит и останов передачи блокирующих сигналов ВЧ защиты при действии устройства на отключение трех фаз;

ввод дополнительного замедления в защиту от непереключения фаз каждого линейного выключателя в цикле ОАПВ. Выдержка времени ОАПВ отсчитывается от момента срабатывания быстродействующей защиты и отстраивается от времени погасания дуги и деионизации среды в месте однофазного КЗ в неполнофазном режиме с учетом возможности неодновременного срабатывания защиты по концам линии, а также каскадного действия избирательных органов.

Для снижения выдержки времени ОАПВ и повышения его эффективности рекомендуется применение устройства контроля погасания дуги (3.3.18).

Вопрос. Допускается ли сочетание ТАПВ с неселективными быстродействующими защитами для исправления неселективного действия последних?

Ответ. Такое сочетание допускается в сетях, состоящих из ряда последовательно включенных линий, при применении для них неселективных быстродействующих защит; для исправления их действия рекомендуется применять поочередное АПВ; могут также применяться устройства АПВ

с ускорением защиты до АПВ или с кратностью действия не более двух, возрастающей по направлению к источнику питания (3.3.20).

Вопрос. В каких случаях время действия устройства АПВ отстраивается от суммарного времени включения короткозамыкателя и отключения отделителя?

Ответ. Отстраивается при применении однократного ТАПВ линий с подключенными к ним трансформаторами, со стороны высшего напряжения которых устанавливаются короткозамыкатели и отделители, для отключения отделителя в бестоковую паузу (3.3.21).

Вопрос. Как выполняется АПВ шин (ошиновки) электростанций и подстанций при наличии специальной защиты шин (ошиновки)?

Ответ. Выполняется автоматической сборкой схемы. При этом первым от устройства АПВ включается один из питающих элементов (например, линия, трансформатор). При успешном включении этого элемента производится последующее, возможно более полное, автоматическое восстановление схемы доаварийного режима путем включения других элементов. При автоматической сборке схемы не допускается включение от АПВ блоков генератор—трансформатор. Допускается в отдельных случаях дополнение АПВ шин (ошиновки) автоматическим опробованием (постановкой шин под напряжение выключателем от АПВ одного из питающих элементов).

При выполнении АПВ шин (ошиновки) применяются меры, исключающие несинхронное включение (если оно является недопустимым).

На случай неуспешного АПВ обеспечивается достаточная чувствительность защиты шин (ошиновки).

Включение от АПВ шин и ошиновок КРУЭ не допускается (3.3.23).

Вопрос. Какие устройства АПВ предусматриваются на двухтрансформаторных и однотрансформаторных понижающих подстанциях?

Ответ. Предусматриваются, как правило, устройства АПВ шин среднего и низшего напряжений. При этом на стороне раздельной работы трансформаторов (автотрансформаторов) двухтрансформаторной подстанции предусматриваются также устройства АВР; при внутренних повреждениях трансформаторов, а также при исчезновении питания вводится в действие устройство АВР, при прочих повреждениях – АПВ.

Для двухтрансформаторной подстанции, в нормальном режиме которой предусматривается параллельная работа трансформаторов на шинах данного напряжения, допускается дополнительно к устройству АПВ устанавливать устройство АВР, предназначенное для режима, когда один из трансформаторов выведен в резерв.

При применении шкафов КРУ (КРУН) АПВ шин, как правило, не допускается (3.3.24).

Вопрос. Какие подстанции и при каком условии допускается оборудовать устройствами АПВ?

Ответ. Допускается оборудовать одиночные понижающие трансформаторы мощностью 1 МВ·А и более на подстанциях энергосистем, когда отключение трансформатора приводит к обесточению электроустановок потребителей (3.3.25).

Вопрос. Какими приборами фиксируется действие устройств АПВ?

Ответ. Фиксируется сигнальными приборами (3.3.28).

Автоматическое включение резервного питания и оборудования (АВР)

Вопрос. Для каких целей предусматриваются устройства АВР?

Ответ. Предусматриваются для восстановления питания потребителей путем автоматического присоединения резервного источника питания при отключении рабочего источника питания, приводящем к обесточению электроустановок потребителя. Устройства АВР предусматриваются также для автоматического включения резервного оборудования при отключении рабочего оборудования, приводящем к нарушению нормального технологического процесса.

Устройства АВР могут предусматриваться также для снижения токов КЗ.

Устройства АВР могут устанавливаться на трансформаторах, линиях, секционных и шиносоединительных выключателях, электродвигателях и т. п. (3.3.29).

Вопрос. Как действует устройство АВР питания?

Ответ. Выполняется с действием при исчезновении напряжения на шинах питаемого элемента.

Действие устройств АВР КРУ и КРУН напряжением 6 кВ и выше, а на электростанциях и КРУ 0,4 кВ (кроме секций надежного питания 6,3 и 0,4 кВ на АЭС) блокируется в случае отключения рабочего питания при КЗ на шинах питаемого элемента или на отходящих от этих шин присоединениях (3.3.30).

Вопрос. Как выполняется устройство АВР при отключении выключателя приемной стороны рабочего источника питания?

Ответ. Выполняется с включением, как правило, без дополнительной выдержки времени, выключателя резервного источника питания; при этом обеспечивается однократность действия устройства. Допускается включать выключатель резервного источника с выдержкой времени, не приводящей к нарушению основного технологического процесса (3.3.31).

Вопрос. Какое дополнительное устройство предусматривается для обеспечения действия АВР при исчезновении напряжения со стороны рабочего источника?

Ответ. Предусматривается пусковой орган напряжения с действием с выдержкой времени на отключение рабочего источника питания с приемной стороны при исчезновении напряжения на питаемом элементе и при наличии напряжения со стороны резервного источника.

Допускается не предусматривать контроль наличия напряжения со стороны резервного источника в системах электроснабжения СН электростанций (3.3.32).

Вопрос. От какого режима отстраивается орган минимального напряжения АВР, реагирующий на исчезновение напряжения рабочего источника?

Ответ. Отстраивается от режима самозапуска электродвигателей и, по возможности, от снижения напряжения при удаленных КЗ. Время действия органа минимального напряжения АВР выбирается больше времени отключения КЗ, при котором снижение напряжения вызывает срабатывание минимального элемента напряжения пускового органа. Рекомендуется принимать указанное время срабатывания больше времени действия АПВ

со стороны питания. При необходимости сокращения перерыва электроснабжения ответственных потребителей допускается принимать время действия АВР меньше времени действия АПВ.

Орган минимального напряжения АВР выполняется так, чтобы исключалась его ложная работа:

при перегорании одного из предохранителей ТН со стороны обмотки высшего напряжения;

при отключении автоматического выключателя ТН;

при выкатывании тележки с ТН в КРУ и КРУН (3.3.33).

Вопрос. Какое дополнение к пусковому органу напряжения рекомендуется применять, если при использовании пуска устройства АВР по напряжению время его действия может оказаться недопустимо большим (например, при наличии в составе нагрузки значительной доли синхронных электродвигателей)?

Ответ. Рекомендуется применять пусковые органы других типов (например, реагирующие на исчезновение тока, снижение частоты, изменение направления мощности и т. п.).

В случае применения пускового органа частоты последний при снижении частоты на стороне рабочего источника питания до заданного значения и при нормальной частоте со стороны резервного питания выполняется с действием с выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника питания (3.3.34).

Вопрос. Какая РЗ выполняется для трансформаторов и линий малой протяженности (не более 1000 м) с целью ускорения действия АВР?

Ответ. Выполняется РЗ с действием на отключение не только выключателей со стороны питания, но и выключателей с приемной стороны. С этой же целью в наиболее ответственных случаях, например, на СН электростанций, при отключении по каким-либо причинам выключателей только со стороны питания, как правило, выполняется немедленное отключение выключателей с приемной стороны. На блочных электростанциях такое отключение выключателей, как правило, также выполняется с приемной стороны рабочих трансформаторов СН с низшим напряжением 6,3 кВ при отключении возбуждения генератора (3.3.35).

Вопрос. Какие условия проверяются при выполнении устройств АВР?

Ответ. Проверяются условия перегрузки резервного источника питания и самозапуска электродвигателей и, если имеет место чрезмерная перегрузка или не обеспечивается самозапуск, выполняется разгрузка при действии АВР, например, отключение неответственных электродвигателей, переключение на низшую скорость вращения двухскоростных электродвигателей, а в некоторых случаях и отключение части ответственных электродвигателей; для последних рекомендуется применение АПВ (3.3.37).

Вопрос. Что следует учитывать при применении устройств АВР?

Ответ. Следует учитывать недопустимость их действия на включение потребителей, отключенных устройствами АЧР и ПА. С этой целью применяются специальные мероприятия (например, блокировка по частоте); в отдельных случаях, при специальном обосновании невозможности выполнения указанных мероприятий, допускается не предусматривать АВР (3.3.38).

Вопрос. В каком случае предусматривается ускорение действия защиты выключателя на КЗ?

Ответ. Предусматривается, как правило, при действии устройства АВР, когда возможно включение выключателя на КЗ, например, в ОРУ. При этом принимаются меры для предотвращения отключений резервного питания по цепи ускорения защиты за счет броска тока при включении (3.3.39).

Вопрос. В каких случаях выполняется автоматическое отключение синхронных машин или перевод их в асинхронный режим отключением АГП с последующим автоматическим включением или ресинхронизацией после восстановления напряжения в результате успешного АВР?

Ответ. Выполняется в случаях, когда в результате действия устройства АВР возможно несинхронное включение синхронных компенсаторов или синхронных электродвигателей и если оно для них недопустимо, а также для исключения подпитки от этих машин места повреждения при исчезновении напряжения. Для предотвращения включения резервного источника от устройства АВР до отключения синхронных машин допускается применять замедление АВР или выполнять его с контролем встречного напряжения. Если эти мероприятия недопустимы для остальной нагрузки, допускается при обосновании отключать от пускового органа устройства АВР линию, связывающую шины рабочего питания с нагрузкой, содержащей синхронные электродвигатели.

Для подстанций с синхронными компенсаторами или синхронными электродвигателями, как правило, применяются меры, предотвращающие или исправляющие неправильную работу устройства АЧР в процессе действия АВР (3.3.40).

Вопрос. Какое мероприятие рекомендуется после восстановления питания со стороны рабочего источника?

Ответ. Рекомендуется обеспечивать возможно более полное автоматическое восстановление схемы доаварийного режима подстанции, например, для подстанций с упрощенными схемами электрических соединений со стороны высшего напряжения – отключение включенного при действии АВР секционного выключателя на стороне низшего напряжения после успешного АПВ питающей линии (3.3.41).

Вопрос. При каких условиях осуществляется пуск резервного оборудования (электроприводов механизмов)?

Ответ. Осуществляется при отключении рабочего оборудования, а также при недопустимом изменении технологических параметров (давления, уровня и т. п.).

При технологической необходимости обеспечивается возможность использования любого из однотипных механизмов в качестве резервного.

Включение генераторов

Вопрос. Какими способами может производиться включение генераторов на параллельную работу?

Ответ. Может производиться одним из следующих способов:

точной синхронизации (автоматической, полуавтоматической, ручной);

самосинхронизации (автоматической, полуавтоматической, ручной) (3.3.44).

Вопрос. Для каких агрегатов способ точной автоматической или полуавтоматической синхронизации предусматривается как основной в нормальных режимах?

Ответ. Предусматривается для:

турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток;

гидрогенераторов мощностью 20 000 кВт и более;

турбогенераторов мощностью более 3000 кВт с косвенным охлаждением обмоток (3.3.45).

Вопрос. Каким способом может производиться включение на параллельную работу генераторов при аварийных режимах в энергосистеме?

Ответ. Может производиться способом самосинхронизации для:

турбогенераторов мощностью до 3000 кВт;

турбогенераторов мощностью более 3000 кВт с косвенным охлаждением обмоток, если периодическая составляющая переходного тока при включении в сеть способом самосинхронизации не превосходит $3I_{ном}$;

гидрогенераторов мощностью до 20 000 кВт (3.3.46).

Вопрос. Установка каких устройств предусматривается при использовании способа точной синхронизации в качестве основного способа включения генераторов на параллельную работу?

Ответ. Предусматривается установка на гидрогенераторах устройств автоматической, а на турбогенераторах – полуавтоматической точной синхронизации.

Для генераторов мощностью до 6000 кВт допускается применение только ручной синхронизации (3.3.47).

Вопрос. Установка каких устройств предусматривается при использовании способа самосинхронизации для включения генераторов на параллельную работу?

Ответ. Предусматривается установка на гидрогенераторах устройств автоматической самосинхронизации, на турбогенераторах – устройств полуавтоматической самосинхронизации. Устройства ручной самосинхронизации обеспечиваются блокировкой, исключающей возможность включения в сеть остановленного или вращающегося в режиме выбега генератора (3.3.48).

Вопрос. Какими устройствами оборудуются все генераторы вне зависимости от применяемого способа синхронизации?

Ответ. Все генераторы оборудуются устройствами, позволяющими в необходимых случаях производить ручную точную синхронизацию с блокировкой от несинхронного включения (3.3.49).

Вопрос. Каким способом может производиться включение всех генераторов на параллельную работу при аварийных режимах в энергосистеме?

Ответ. Включение на параллельную работу всех генераторов, вне зависимости от системы охлаждения и мощности, может производиться способом самосинхронизации. Для этого предусматриваются устройства автоматической или полуавтоматической самосинхронизации. В случаях, когда включение на параллельную работу способом самосинхронизации не допускается техническими условиями на генераторы, устройства самосинхронизации не предусматриваются (3.3.50).

Вопрос. Как синхронизируются с сетью и между собой генераторы при включении в сеть способом точной синхронизации двух гидрогенераторов и более, работающих через один выключатель?

Ответ. Генераторы предварительно синхронизируются между собой способом самосинхронизации и с сетью – способом точной синхронизации (3.3.51).

Вопрос. Какие устройства предусматриваются на транзитных подстанциях и электростанциях, где производится синхронизация отдельных частей электрической системы?

Ответ. Предусматриваются устройства для полуавтоматической или ручной точной синхронизации с блокировкой от несинхронного включения (3.3.52).

Автоматическое регулирование возбуждения, напряжения и реактивной мощности

Вопрос. Для каких целей предназначаются системы и устройства автоматического регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности?

Ответ. Предназначаются для:

поддержания необходимых уровней напряжения по заданным характеристикам в электроэнергетической системе при ее нормальной работе;

распределения реактивной нагрузки между источниками реактивной мощности по заданному закону;

повышения статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем и демпфирования колебаний в переходных режимах.

Для автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности применяются автоматические регуляторы, воздействующие на генераторы, синхронные компенсаторы, трансформаторы (автотрансформаторы) с РПН, а также статические компенсирующие устройства (3.3.53).

Вопрос. Какими автоматическими устройствами оборудуются синхронные машины (генераторы, компенсаторы и электродвигатели)?

Ответ. Оборудуются устройствами автоматического регулирования возбуждения, входящими в состав систем возбуждения. Автоматические регуляторы возбуждения (АРВ) должны соответствовать требованиям государственных стандартов на системы возбуждения и технических условий на оборудование систем возбуждения (3.3.54).

Вопрос. Какие системы возбуждения рекомендуется применять для генераторов мощностью 60 МВт и выше?

Ответ. Рекомендуется применять быстродействующие системы возбуждения с АРВ сильного действия (с использованием стабилизирующих каналов по режимным параметрам энергосистемы). Для генераторов меньшей мощности допускается применение автоматических регуляторов напряжения без стабилизирующих каналов по режимным параметрам энергосистемы либо регуляторов другого типа в составе быстродействующих или медленнодействующих систем возбуждения (3.3.55).

Вопрос. На каком оборудовании устанавливаются АРВ сильного действия или автоматические регуляторы напряжения?

Ответ. Устанавливаются на синхронных компенсаторах с реверсивными и нереверсивными системами возбуждения в зависимости от условий их работы в энергосистеме.

В отдельных случаях, в зависимости от условий работы синхронных компенсаторов в энергосистеме, допускается устанавливать на них АРВ другого типа в составе медленнодействующих систем возбуждения (3.3.56).

Вопрос. На каких агрегатах устанавливаются АРВ сильного действия?

Ответ. Устанавливаются на асинхронизированных турбогенераторах мощностью 100 МВт и более при оборудовании их быстродействующими системами возбуждения (3.3.57).

Вопрос. Что обеспечивают система возбуждения и устройства автоматического регулирования возбуждения?

Ответ. Обеспечивают устойчивое регулирование в пределах допустимых значений тока возбуждения для данного класса машин, осуществляя поддержание напряжения на выводах генератора или на шинах электростанции с заданным статизмом по полному току статора или его составляющим (3.3.58).

Вопрос. Какие устройства предусматриваются в составе АРВ генераторов и синхронных компенсаторов?

Ответ. Предусматриваются устройства для автоматического ограничения перегрузки по токам ротора или статора с выдержкой времени, зависящей от значения перегрузки в соответствии с заданными тепловыми характеристиками электрических машин.

Для синхронных машин с непосредственным охлаждением обмотки возбуждения, кроме турбогенераторов мощностью менее 60 МВт, а также для машин, устанавливаемых на автоматизированных станциях и подстанциях без дежурного персонала, ограничение выполняется на интегральном принципе (интегрирование по времени квадрата тока возбуждения), обеспечивающем использование полной перегрузочной способности синхронных машин; для остальных машин зависимость от кратности перегрузки может обеспечиваться применением нескольких ступеней ограничения.

Устройство для автоматического ограничения перегрузки не препятствует форсировке возбуждения в течение времени, которое допускается для соответствующего исполнения машины (3.3.59).

Вопрос. Что предусматривается в АРВ синхронных генераторов мощностью 60 МВт и более?

Ответ. Предусматривается автоматическое ограничение минимального тока ротора с уставкой, зависящей от активной мощности генератора в данном режиме.

Если конструкция генератора исключает перегрев торцевых зон в режиме потребления реактивной мощности, то уставка ограничения минимального тока ротора выбирается из условий устойчивости работы генератора в энергосистеме.

В АРВ синхронных генераторов мощностью от 2,5 до 60 МВт предусматривается автоматическое ограничение минимального тока ротора с независимой от активной мощности генератора уставкой.

Работа в режиме ограничения минимального тока ротора не препятствует форсировке возбуждения в течение времени, которое допускается для соответствующего исполнения машины.

Для синхронных машин с реверсивной системой возбуждения предусматривается автоматическое ограничение максимального значения отрицательного тока ротора (3.3.60).

Вопрос. Какова особенность выполнения АРВ?

Ответ. Выполняются так, чтобы в случае сброса нагрузки при исправном регуляторе скорости и исправных устройствах системы возбуждения исключалось срабатывание защиты от повышения напряжения. При необходимости АРВ дополняется устройством быстродействующего развозбуждения, если оно отсутствует в штатном регуляторе (3.3.61).

Вопрос. Какая возможность предусматривается в АРВ для синхронных генераторов и компенсаторов, работающих в блоке с трансформаторами?

Ответ. Предусматривается возможность токовой компенсации потери напряжения в трансформаторе.

Устройства токовой компенсации присоединяются к ТТ со стороны выводов генератора или синхронного компенсатора (3.3.62).

Вопрос. Какие системы управления устанавливаются на электростанциях (подстанциях) с тремя генераторами и более (синхронными компенсаторами), работающими на общие шины?

Ответ. Устанавливаются системы группового управления возбуждением генераторов (синхронных компенсаторов).

При наличии АСУ ТП станции (подстанции) система группового управления возбуждением включается в состав АСУ ТП.

Установка системы группового управления возбуждением выполняется с учетом особенностей схемы первичных соединений электростанции (подстанции) и ее роли в энергосистеме.

Система группового управления возбуждением выполняется с обеспечением автоматического поддержания на заданном уровне или изменения по заданному графику во времени напряжения на шинах электростанции (подстанции) или суммарной реактивной мощности электростанции (подстанции) и распределения реактивной мощности между генераторами (синхронными компенсаторами) по выбранному критерию путем воздействия на изменение уставок автоматического регулирования возбуждения.

Нормальное функционирование системы группового управления возбуждением обеспечивается во всех эксплуатационных режимах выдачи и потребления реактивной мощности, в режимах пуска и останова генераторов (синхронных компенсаторов) и не зависит от числа генераторов (синхронных компенсаторов), подключенных к системе группового управления возбуждением.

Наличие группового управления возбуждением ухудшает реакцию АРВ генераторов и синхронных компенсаторов на внешние возмущения.

Система группового управления возбуждением обеспечивает прием команд и заданий от систем регулирования верхнего уровня, предназначенных для регулирования параметров режима группы электростанций (подстанций).

Система группового управления возбуждением содержит элементы сигнализации, блокировки и защиты, предотвращающие неправильные действия системы при нарушении нормальных режимов работы объектов управления и при неисправностях самой системы (3.3.63).

Вопрос. С какой целью допускается перевод генераторов в режим синхронных компенсаторов?

Ответ. При необходимости для регулирования уровня напряжения в энергосистеме допускается перевод генераторов в режим синхронных компенсаторов. В этом случае на электростанциях устанавливается дополнительное оборудование, необходимое для перевода гидрогенераторов или турбогенераторов в режим синхронного компенсатора в соответствии с инструкцией по эксплуатации генераторов.

Системы автоматического регулирования напряжения при необходимости предусматривают использование генераторов в режиме синхронных компенсаторов (на ГЭС) и их автоматический обратный перевод в генераторный режим в зависимости от параметров режима энергосистемы (3.3.64).

Вопрос. С какой целью в системе РПН устанавливаются автоматические регуляторы коэффициентов трансформации трансформаторов (автотрансформаторов) распределительных подстанций и СН электростанций?

Ответ. Устанавливаются для изменения коэффициентов трансформации. При необходимости эти регуляторы обеспечивают встречное регулирование напряжения.

Подстанции, на которых предусматривается параллельная работа трансформаторов (автотрансформаторов) с регулированием коэффициента трансформации, оснащаются устройствами группового регулирования коэффициентов трансформации. При наличии на подстанции АСУ ТП такие устройства входят в ее состав (3.3.65).

Вопрос. В каких системах управления устанавливаются автоматические регуляторы напряжения и реактивной мощности?

Ответ. Устанавливаются в системах управления параметрами статических компенсирующих устройств (статических тиристорных компенсаторов реактивной мощности, управляемых шунтирующих реакторов и др.).

При наличии нескольких регулируемых статических компенсирующих устройств на энергообъекте устанавливаются устройства группового управления параметрами статических компенсирующих устройств в составе АСУ ТП энергообъекта или отдельно с возможностью приема команд и заданий от систем регулирования верхнего уровня (3.3.66).

Вопрос. Какой контроль обеспечивается во всех системах возбуждения генераторов?

Ответ. Обеспечивается непрерывный контроль исправности основного АРВ, находящегося в работе, автоматическое слежение уставки резервного регулятора за уставкой основного и автоматический переход на работу с резервным регулятором при возникновении неисправности в основном АРВ.

Обеспечивается высокая надежность питания АРВ и других устройств системы возбуждения от ТН, а также высокая надежность соответствующих цепей.

Обеспечивается контроль исправности цепей питания АРВ от ТН (например, путем применения устройства сравнения напряжения, подающегося на АРВ, с напряжением другого аналогичного ТН).

АРВ и другие устройства системы возбуждения подключаются к вторичным выводам ТН через автоматические выключатели. К этим ТН не подключаются другие устройства и приборы, в их цепях не устанавливаются рубильники. В отдельных случаях допускается присоединение этих устройств и приборов через отдельные автоматические выключатели, при этом их включение и отключение не изменяет режим электрической машины, возбуждение которой регулируется данным и другими устройствами регулирования возбуждения.

В системах возбуждения со 100%-ным резервированием каждый АРВ подключается к отдельному ТН.

Предусматриваются мероприятия, исключающие форсировку либо другие аварийные режимы работы системы возбуждения при отключении автоматического выключателя в цепи ТН либо при нарушении контакта в одной из фаз этой цепи и срабатывании устройства контроля исправности цепей питания АРВ от ТН.

АРВ и другие устройства регулирования возбуждения, выполненные с применением микросхемной или микропроцессорной техники, помимо основного питания напряжением переменного тока 380 В обеспечиваются также резервным питанием от сети 220 В постоянного тока. При этом обеспечивается автоматический переход на резервное питание при исчезновении или снижении напряжения основного питания и обратный переход при восстановлении основного питания. Питание АРВ от сети 380 и 220 В осуществляется через автоматические выключатели (3.3.67).

Автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности (АРЧМ)

Вопрос. Для каких целей предназначены устройства системы АРЧМ?

Ответ. Предназначены для:

автоматического регулирования частоты в ЕЭС и изолированных ОЭС и энергосистемах в нормальных и послеаварийных режимах согласно требованиям государственных стандартов на качество электрической энергии;

автоматического регулирования заданных (плановых) перетоков обменных мощностей ЕЭС, ОЭС и энергосистем с коррекцией по частоте;

автоматического ограничения перетоков мощности по контролируемым внешним и внутренним связям ЕЭС, ОЭС и энергосистем в целях предотвращения нарушения статической устойчивости или термической перегрузки;

автоматического изменения мощности выделенных для вторичного регулирования электростанций (энергоблоков) по командам соответствующих устройств АРЧМ уровней энергосистемы, ОЭС и ЕЭС в целях вторичного регулирования и поддержания заданной регуляторами мощности с коррекцией по частоте, определяемой их участием в первичном регулировании частоты (3.3.68).

Вопрос. Какие функции обеспечивают в нормальном режиме устройства АРЧМ?

Ответ. Обеспечивают (при наличии необходимого регулировочного диапазона на выделенных для вторичного регулирования электростанциях):

поддержание отклонения среднего значения небаланса мощности в каждом контролируемом районе в пределах ±0,5 % вращающейся мощности этого района и устранение ступенчатого нарушения баланса мощности за 5–10 мин;

поддержание среднего отклонения частоты от заданного (согласованного) значения в пределах ±0,02 Гц и устранение ступенчатого отклонения частоты за 5–10 мин;

поддержание среднего отклонения перетока обменной мощности контролируемого района от заданного (планового) значения в пределах ±0,25 % вращающейся мощности этого района и устранение ступенчатого отклонения обменной мощности за 5–10 мин;

устранение ступенчатого превышения перетоком мощности заданного значения уставки по любой контролируемой связи за время не более 1 мин при наличии быстродействующих каналов телемеханики и не более 5 мин при наличии обычных каналов телемеханики (3.3.69).

Вопрос. Какие устройства входят в систему АРЧМ?

Ответ. В систему АРЧМ входят:

устройства автоматического регулирования перетока обменной мощности и частоты и автоматического ограничения перетоков, автоматические вторичные регуляторы на диспетчерских пунктах ЕЭС, ОЭС и энергосистем;

устройства управления активной мощностью на электростанциях, привлекаемых к участию в автоматическом вторичном регулировании;

каналы и средства связи и телемеханики для передачи контролируемых параметров и управляющих воздействий;

датчики перетоков активной мощности и частоты (3.3.70).

Вопрос. Какие функции обеспечивают устройства АРЧМ на диспетчерских пунктах?

Ответ. Обеспечивают автоматическое вторичное регулирование режима собственной энергосистемы и участие в скоординированном вторичном регулировании ОЭС и ЕЭС.

Устройства АРЧМ на диспетчерских пунктах ОЭС обеспечивают выявление отклонений фактического режима работы объединенной энергосистемы от заданного, формирование и передачу управляющих воздействий в виде задания неплановой мощности для электростанций, привлекаемых к автоматическому регулированию режима ОЭС, и в виде сигналов блокировки или форсировки регуляторов обменной мощности энергосистем при осуществлении селективного (с учетом места возникновения и знака возмущения) ограничения перетоков по внутренним контролируемым связям данной ОЭС.

Устройство АРЧМ на диспетчерском пункте ЕЭС обеспечивает выявление отклонения сальдо перетоков, формирование и передачу управляющих воздействий для электростанций, привлекаемых к автоматическому

регулированию режима ЕЭС и селективному, скоординированному ограничению перетоков мощности по транзитным связям энергосистем, ОЭС, ЕЭС в виде задания активной мощности, а для регуляторов обменной мощности ОЭС и энергосистем – в виде сигналов блокировки или форсировки их действия.

Устройства АРЧМ увеличивают интенсивность регулирования при отклонениях регулируемых параметров (частоты, обменных активных мощностей, небаланса мощности) от заданных значений при превышении определенных пороговых значений, а также по командам форсировки с верхнего уровня управления, обусловленным необходимостью ограничения перетоков.

Регулирующие электростанции, привлекаемые к автоматическому регулированию режимов энергосистем, ОЭС и ЕЭС, поддерживают регулировочный диапазон, составляющий не менее ±2,5 % мощности соответствующего района регулирования. Для обеспечения двустороннего сбалансированного ограничения перетоков по всей совокупности контролируемых связей этот регулировочный диапазон распределяется между электростанциями, расположенными по разные стороны всех контролируемых связей.

При отсутствии регулировочных возможностей отдельных энергосистем допускается объединение ряда энергосистем в энергозону для регулирования обменной мощности этой энергозоны с коррекцией по частоте, выполняемого одним общим для этих энергосистем регулятором и подключенными к нему электростанциями (3.3.71).

Вопрос. Какие функции обеспечивают устройства автоматического управления мощностью электростанций?

Ответ. Обеспечивают следующие функции:

прием и преобразование управляющих воздействий и сигналов, поступающих с диспетчерских пунктов верхних уровней управления (энергосистем, ОЭС и ЕЭС);

формирование управляющих воздействий на отдельные агрегаты (энергоблоки);

поддержание мощности агрегатов (энергоблоков) в соответствии с полученными управляющими воздействиями и со статизмом по частоте. Управление мощностью электростанций осуществляется со статизмом по частоте, изменяемым в пределах от 3 до 6 % (3.3.72).

Вопрос. Какие управляющие воздействия отрабатывают и распределяют между блоками подключенные к устройствам АРЧМ системы автоматического управления мощностью тепловых электростанций?

Ответ. Отрабатывают и распределяют между энергоблоками управляющие воздействия в виде планового изменения мощности с учетом допустимых скоростей изменения нагрузки и технологических ограничений. При поступлении команды форсировки с верхнего уровня управления в системе автоматического управления мощностью ТЭС производится снятие ограничения по допустимой скорости изменения нагрузки и, при необходимости, изменяется структура системы.

Динамические характеристики ТЭС при отсутствии технологических ограничений, в том числе по темпу регулирования, принимаются существенно не изменяющимися в зависимости от количества и состава подключенных энергоблоков и уровня их загрузки.

Для энергоблоков большой единичной мощности возможен вариант поблочного управления (3.3.73).

Вопрос. Какие управляющие воздействия отрабатывают подключенные к устройствам АРЧМ групповые регуляторы активной мощности гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций?

Ответ. Отрабатывают подаваемые на них управляющие воздействия в виде задания изменения мощности с максимальной скоростью задатчика открытия направляющего аппарата во всем регулировочном диапазоне электростанции. При этом рекомендуется, чтобы групповой регулятор активной мощности ГЭС одновременно решал задачу выбора оптимального состава подключенных агрегатов, их автоматический пуск, останов и перевод в режим синхронного компенсатора и обратно с учетом имеющихся ограничений в работе агрегатов.

Динамические характеристики электростанций принимаются существенно не изменяющимися в зависимости от количества и состава подключенных агрегатов и уровня их загрузки.

Гидроэлектростанции, мощность которых определяется режимом водотока, рекомендуется оборудовать автоматическими регуляторами мощности по водотоку (3.3.74).

Вопрос. Какие изменения параметров настройки обеспечивают устройства АРЧМ?

Ответ. Обеспечивают оперативное и (или) автоматическое изменение параметров настройки при изменении режимов работы объекта управления, оснащаются элементами сигнализации, блокировками и защитами, предотвращающими их неправильные действия при нарушении нормальных режимов работы объектов управления, при неисправностях в самих устройствах, а также исключающими те их действия, которые могут помешать функционированию устройств ПА.

Устройство АРЧМ на каждом уровне управления отрабатывает управляющие воздействия и команды от устройств АРЧМ более высокого уровня лишь в той степени, в какой они не вызывают недопустимых отклонений технологических параметров и возникновения аварийных ситуаций на данном уровне управления (3.3.75).

Вопрос. Какие функции обеспечивают средства телемеханики?

Ответ. Обеспечивают передачу всей необходимой для эффективной работы устройств АРЧМ информации о работе энергообъединения и управляющих воздействий и команд между всеми уровнями управления системой АРЧМ (3.3.76).

Автоматическое предотвращение нарушения устойчивости (АПНУ)

Вопрос. Для каких целей предназначен комплекс устройств АПНУ?

Ответ. Предназначен для предотвращения нарушения динамической устойчивости при аварийных возмущениях и обеспечения в послеаварийных условиях нормативного запаса статической устойчивости для заданных основных сечений охватываемого района. Рекомендуется к применению в зависимости от конкретных условий там, где это технически и экономически целесообразно (3.3.77).

Вопрос. В каких случаях рекомендуется предусматривать комплекс устройств АПНУ?

Ответ. Рекомендуется предусматривать для действия в следующих случаях:

отключение элемента сети без повреждения или несимметричное КЗ с действием основной РЗ и выполнением ТАПВ или ОАПВ при нормальной схеме и повышенной загрузке сети или при ремонтной схеме и нормальной загрузке сети. С учетом возникающего понижения надежности и возможных отрицательных последствий область применения АПНУ может быть расширена на нормальную схему и нормальный режим сети, особенно при наиболее тяжелых из указанных повреждений, связанных с трехфазным отключением элемента, если оно произошло на одном из немногих элементов высшего в данной сети напряжения;

отказ выключателя с действием УРОВ при однофазном КЗ при нормальной схеме и нормальном режиме сети;

деление энергосистемы на несинхронно работающие части, в частности, в результате нарушения устойчивости и действия устройств АЛАР или в результате действия ПА на деление системы при нормальной схеме и нормальном режиме сети;

возникновение значительного дефицита или избытка мощности в одной из соединяемых частей энергообъединения в результате отключения генератора, нагрузки, элемента с передачи постоянного тока и т. п.

Допустимо также предусматривать АПНУ при редких, более тяжелых, чем расчетные, сочетаниях схем, режимов и возмущений, если это достигается без существенного усложнения автоматики (3.3.78).

Вопрос. В каких случаях допускается срабатывание устройств АПНУ, выбранных для расчетных условий?

Ответ. Допускается в следующих случаях:

при условиях, более тяжелых, чем расчетные;

медленной перегрузке связи, не вызванной аварийным возмущением, но не предотвращенной действием системы АРЧМ.

При возникновении нерасчетного ремонтного состояния схемы, являющегося сочетанием расчетных ремонтных схем, допускается действие устройства АПНУ, соответствующее одной из расчетных схем, по возможности более тяжелой.

Подлежат автоматической и оперативной фиксации ремонтные схемы, отличающиеся от нормальных тем, что из-за отключенного состояния одного из элементов электрической сети существенно уменьшен предельный переток в данном сечении в возможных послеаварийных схемах. Для каждого сечения или нескольких сечений, имеющих взаимозависимые пределы устойчивости, учитывается свой набор ремонтных схем.

Допускается действие устройств АПНУ для заданных сечений энергосистемы путем ее разделения по другому сечению на несинхронно работающие части.

Допускается временная работа при недостаточной эффективности устройств АПНУ, если средства ПА обеспечивают предотвращение опасного развития аварий после нарушения устойчивости. Для ремонтной схемы в силу кратковременности ремонта допускается упрощенное выполнение автоматики (3.3.79).

Вопрос. Какими устройствами выявляются аварийные возмущения?

Ответ. Выявляются пусковыми устройствами АПНУ, которые фиксируют существенные изменения схемы сети и, при необходимости, оценивают тяжесть аварийного возмущения, контролируя сброс мощности в момент КЗ, длительность КЗ, вид КЗ (однофазное, многофазное), действие устройств АПВ и т. д.

В случае невозможности непосредственной фиксации аварийного возмущения в виде аварийного небаланса мощности применяются пусковые устройства, реагирующие на вызванное возмущением изменение режимных параметров: передаваемую мощность, угол. Дополнительно в этих устройствах могут применяться сигналы по производным мощности и угла (3.3.80).

Вопрос. Какие типы управляющих воздействий следует применять для целей ПА?

Ответ. Следует применять следующие типы управляющих воздействий:

разгрузка турбин;

отключение генераторов;

отключение нагрузки;

программная форсировка возбуждения генераторов;

управление установками продольной и поперечной компенсации: форсировка компенсации, включение шунтовых реакторов, отключение шунтовых реакторов;

деление энергосистемы на несинхронно работающие части;

ввод резерва.

Кроме того, устройства ПА могут производить отключения отдельных линий и трансформаторов связи, секционных и междушинных выключателей, не приводящие к делению энергосистемы, а также включение ранее отключенной нагрузки, нормально отключенных линий, трансформаторов, выключателей.

При необходимости допустимо применение других типов управляющих воздействий:

электрическое торможение генераторов;

увеличение вращающего момента паровых турбин путем отключения отборов высокого давления или теплофикационных отборов, разгрузка и загрузка гидротурбин;

управление мощностью передач и вставок постоянного тока и проч. (3.3.81).

Вопрос. Каким образом снимаются управляющие воздействия?

Ответ. Снимаются вручную за исключением кратковременной разгрузки турбин, форсировки возбуждения и электрического торможения, а также отключения нагрузки после АЧР. Автоматический съем управляющих воздействий следует применять, если это не ведет к существенному усложнению ПА (3.3.82).

Вопрос. Какие состояния схемы сети контролирует устройство автоматической дозировки управляющих воздействий?

Ответ. Контролирует исходное состояние схемы сети и режима охватываемого района, определяет управляющие воздействия для фиксируемых аварийных возмущений, запоминает или выдает их для запоминания в устройство автоматического запоминания дозировки.

Интенсивность управляющих воздействий (например, мощность отключаемых генераторов или глубина разгрузки турбин) определяется интенсивностью возмущающего воздействия (например, сброс передаваемой активной мощности при возникновении КЗ и продолжительность последнего) или переходного процесса, фиксируемых автоматически, а также исходным состоянием схемы сети и тяжестью исходного режима, фиксируемых также автоматически или, в исключительных случаях, персоналом (3.3.84).

Вопрос. Каким образом может решаться задача автоматической дозировки управляющих воздействий?

Ответ. Может решаться децентрализованно и централизованно. Последнее рекомендуется с целью сокращения капитальных затрат и эксплуатационных издержек в условиях, когда для достижения требуемой точности управляющие воздействия определяются с использованием большого объема информации и сложных алгоритмов, причем для разных аварийных возмущений значительная часть указанных воздействий, информации и алгоритмов одинаковы. Состав охватываемого централизацией района противоаварийного управления должен выбираться так, чтобы в нем имелся достаточный набор функций АПНУ и управляющих воздействий, требуемых для их выполнения, а также обеспечивалась требуемая надежность комплекса при приемлемых капитальных затратах и эксплуатационных издержках (3.3.85).

Вопрос. Каким образом выбираются объемы управляющих воздействий и допустимый небаланс при делении энергосистемы?

Ответ. Выбираются таким образом, чтобы их реализация не создавала опасности каскадного развития аварии вследствие нарушения устойчивости в других районах ОЭС (ЕЭС), не контролируемых данным комплексом АПНУ. При необходимости применяется балансирующее противоаварийное управление, дополняющее требуемые управляющие воздействия в целях решения указанной задачи (3.3.86).

Вопрос. Как рекомендуется производить дозировку управляющих воздействий?

Ответ. Рекомендуется производить ступенями определенной интенсивности, заранее подготовленными к действию по соответствующему сигналу. Допускается для относящихся к одному району различных устройств ПА одного и того же или разных видов использовать одни и те же типы и ступени управляющих воздействий по интенсивности и по распределению между объектами, если при этом обеспечивается выполнение ими требуемых функций (3.3.87).

Автоматическая ликвидация асинхронного режима (АЛАР)

Вопрос. Какими устройствами осуществляется АЛАР?

Ответ. Осуществляется устройствами, отличающими асинхронный режим от синхронных качаний, КЗ или других ненормальных режимов работы в любом из сечений асинхронного режима, возможных в охватываемом районе, как правило, путем деления района по этому сечению на несинхронно работающие части.

В отдельных случаях ликвидация асинхронного режима может осуществляться с восстановлением синхронной работы энергосистемы (ресинхронизацией) или комбинированным способом (разрывом части связей и последующей ресинхронизацией). В последнем случае с целью облегчения ресинхронизации могут быть разорваны все связи по некоторому сечению, не совпадающему с сечением асинхронного режима.

Управляющее воздействие с целью ресинхронизации выбирается в следующем порядке:

разгрузка турбин;

отключение генераторов;

деление системы в избыточной части энергосистемы;

отключение нагрузки;

деление системы в дефицитной части энергосистемы.

Допустимая длительность асинхронного режима ограничивается опасностью повреждения оборудования энергосистемы, нарушения работы ответственных приемников (особенно приемников 1-й категории) и дополнительных нарушений устойчивости.

Ресинхронизация может применяться:

если допускаемая длительность асинхронного режима достаточна для осуществления ресинхронизации;

асинхронный режим и ресинхронизация не приводят к дополнительным нарушениям устойчивости;

объем отключаемой нагрузки при ресинхронизации существенно меньше, чем при делении (3.3.89).

Вопрос. Какими видами устройств обеспечивается АЛАР в каждом сечении?

Ответ. Обеспечивается двумя видами устройств: основными и резервными.

Основные и резервные устройства осуществляют деление, действуя на разные выключатели, и устанавливаются на разных подстанциях. Резервное устройство рекомендуется выполнять на других, более простых по сравнению с основными принципах.

Устанавливаются также дополнительные устройства, выявляющие асинхронный ход в неполнофазных режимах, в частности, на линиях 330 кВ и выше, оборудованных ОАПВ (3.3.90).

Автоматическое ограничение снижения частоты (АОСЧ)

Вопрос. Для каких целей предназначен комплекс устройств АОСЧ?

Ответ. Предназначен для предотвращения работы потребителей и оборудования охватываемого района при недопустимом снижении частоты. Характеристики АОСЧ согласуются с допустимыми режимами работы электростанций. Кроме этого, устройства АОСЧ обеспечивают:

восстановление частоты (после ее снижения) до определенного уровня;

полную (но не более чем на значение возникшего дефицита) мобилизацию имеющегося в районе резерва генерирующей мощности;

автоматическое включение отключенных выключателей потребителей по мере восстановления нормальной частоты, при этом исключается повторное снижение частоты после их включения, приводящее к повторному отключению включенных потребителей;

отсутствие срабатывания при допустимых кратковременных снижениях частоты, в том числе обусловленных синхронными качаниями.

Устройства АОСЧ размещаются и настраиваются таким образом, чтобы они, по возможности:

действовали на отключение любого из потребителей;

не способствовали нарушению устойчивости параллельной работы по межсистемным связям;

способствовали автоматической ресинхронизации дефицитного района или, в случае его полного отделения, автоматической синхронизации с использованием АПВ с улавливанием синхронизма (3.3.91).

Вопрос. Какие функции осуществляет комплекс устройств АОСЧ?

Ответ. Осуществляет:

автоматический частотный ввод резерва;

АЧР;

дополнительную разгрузку;

восстановление питания отключенных потребителей при восстановлении частоты;

выделение электростанций или генераторов со сбалансированной нагрузкой, выделение генераторов на питание СН электростанций (3.3.92).

Вопрос. Что обеспечивает автоматический частотный ввод резерва?

Ответ. Обеспечивает уменьшение объема отключения потребителей и сокращение времени перерыва электроснабжения потребителей, отключенных действием АЧР.

Автоматический частотный ввод резерва предусматривает автоматический частотный пуск гидрогенераторов, находящихся в резерве, автоматический перевод в генераторный режим гидрогенераторов, работающих в режиме синхронного компенсатора, автоматическую загрузку турбин после их пуска и т. п. (3.3.93).

Вопрос. В каком порядке предусматривается отключение потребителей с помощью АЧР?

Ответ. Предусматривается отключение потребителей небольшими порциями (очередями) по мере снижения частоты (с целью прекращения снижения частоты – АЧР-I) или по мере увеличения продолжительности существования пониженной частоты (с целью восстановления длительно допустимого значения частоты – АЧР-II).

Очередность отключения выключателей потребителей при действии устройств АЧР устанавливается с учетом отрицательных последствий, связанных с прекращением электроснабжения потребителей, и, как правило, обеспечивает наименьший суммарный ущерб от перерыва электроснабжения.

С целью повышения эффективности разгрузки предусматривается совмещение действия очередей АЧР-I и АЧР-II (кроме части начальных по времени очередей АЧР-II) на отключение одних и тех же потребителей.

При совмещении объединяется действие очередей АЧР-I, имеющих меньшие уставки по частоте, с очередями АЧР-II, имеющими большие уставки по времени.

Допускается присоединение одних и тех же потребителей к устройствам дополнительной разгрузки и АЧР (I и II) при обеспечении выполнения всех функций обоими видами разгрузки.

Устройства АЧР устанавливаются, как правило, на энергообъектах энергосистемы. Допускается их установка непосредственно у потребителей.

Срабатывание устройств АЧР во время паузы АПВ и в цикле автоматического ввода резерва, а также в случае обесточивания подстанций с двигательной нагрузкой, блокируется или исправляется последующим частотным АПВ.

Уменьшение объема АЧР за счет работы устройств автоматического ввода резерва не допускается (3.3.94).

Вопрос. С какой целью разгрузка предусматривает отключение потребителей?

Ответ. Предусматривает с целью ускорения разгрузки и увеличения ее объема при особо больших местных дефицитах мощности, когда эффективность АЧР оказывается недостаточной (3.3.95).

Вопрос. С какой целью используется частотное АПВ?

Ответ. Используется для уменьшения перерыва питания отключенных потребителей в условиях восстановления частоты в результате реализации резерва генерирующей мощности, ресинхронизации или автоматической синхронизации по отключившейся связи.

Очередность включения потребителей от устройств частотного АПВ устанавливается с учетом ответственности потребителей, вероятности их отключения действием АЧР, сложности и длительности неавтоматического восстановления их питания, как правило, обратной по сравнению с принятой для АЧР (3.3.96).

Вопрос. Для чего применяется автоматическое выделение электростанций или генераторов со сбалансированной нагрузкой, выделение генераторов на питание СН?

Ответ. Применяется:

для сохранения в работе СН и предотвращения полного погашения электростанции при отказе или недостаточной эффективности других устройств АОСЧ;

обеспечения питания наиболее ответственных потребителей. В отдельных случаях выделение электростанций или генераторов может производиться с дефицитом активной мощности, устраняемым последующим действием АЧР в отделившемся районе. Допускается предварительная (автоматическая) подготовка схемы к выделению (3.3.97).

Вопрос. По каким параметрам действуют устройства АОСЧ?

Ответ. Устройства АОСЧ действуют:

по снижению частоты и (или) скорости ее снижения;

по факторам, непосредственно свидетельствующим о возникновении дефицита мощности (отключение питающего элемента сети с контролем его нагрузки до отключения, сброс активной мощности и т. д.).

Комплекс устройств АОСЧ охватывает любой район, работающий изолированно, или такой, который может быть отделен от энергосистемы сечениями асинхронного режима, самопроизвольного или управляемого деления и т. п. с аварийным дефицитом мощности, приводящим к понижению частоты. Устройство АОСЧ может ограничивать снижение частоты как при местном, так и при различных общесистемных дефицитах (3.3.98).

Автоматическое ограничение повышения частоты (АОПЧ)

Вопрос. Для каких целей предназначены устройства АОПЧ?

Ответ. Предназначены для предотвращения недопустимого повышения частоты (до 55 Гц), при котором возможно срабатывание автоматов безопасности турбин ТЭС или АЭС, а также для ограничения длительного повышения частоты на ТЭС или АЭС значением, при котором нагрузка блоков не выходит за пределы диапазона допустимых нагрузок.

В узлах, где нет ТЭС или АЭС, устройства АОПЧ применяются для ограничения повышения частоты значением 60 Гц для обеспечения нормальной работы двигательной нагрузки (3.3.99).

Вопрос. Какой район охватывает комплекс устройств АОПЧ?

Ответ. Охватывает любой район, который работает изолированно, или такой, который может быть отделен от остальной энергосистемы сечениями асинхронного режима, самопроизвольного или управляемого деления и т. п. с аварийным избытком мощности, приводящим к упомянутым выше последствиям. Комплекс устройств АОПЧ выполняет свою функцию при возможных для данного района (узла) аварийных избытках мощности.

При этом действие устройства АОПЧ не происходит при эксплуатационном повышении частоты, не создающем условия по предыдущему пункту, а также в режиме синхронных качаний. Действие устройств АОПЧ не приводит к последующему действию устройств АОСЧ (3.3.100).

Вопрос. В каких случаях действуют устройства АОПЧ?

Ответ. Действуют при опасности повышении частоты энергосистемы и (или) скорости ее повышения с контролем, если требуется, выхода режима котлов за пределы регулировочного диапазона.

Для обеспечения несрабатывания при синхронных качаниях может использоваться контроль загрузки возможного сечения деления в доаварийном режиме (3.3.101).

Вопрос. Как устройства АОПЧ ликвидируют аварийный избыток активной мощности района?

Ответ. Ликвидируют, в основном, за счет отключения генераторов и деления системы. Деление системы используется для отделения ТЭС с примерно сбалансированной нагрузкой от остальной части энергосистемы с целью резервирования действия остальных устройств АОПЧ.

С целью предотвращения выхода блоков ТЭС или АЭС за регулировочный диапазон возможна разгрузка части блоков до нагрузки холостого хода (3.3.102).

Автоматическое ограничение снижения напряжения (АОСН)

Вопрос. Для каких целей предназначены устройства АОСН?

Ответ. Предназначены для предотвращения снижения напряжения в узлах энергосистемы в послеаварийных режимах до значения, опасного по условиям устойчивости нагрузки и надежности работы электростанций. Опасный уровень напряжения, с учетом длительности его существования, определяется конкретными условиями. Устройства АОСН применяются с учетом зависимости потребления от напряжения, наличия РПН на понижающих трансформаторах, наличия конденсаторных батарей и длинных сильнозагруженных линий электропередачи (3.3.103).

Вопрос. Каков принцип действия устройства АОСН?

Ответ. Устройства АОСН действуют непосредственно по признаку снижения напряжения с учетом его длительности. Для ускорения действия устройства АОСН могут содержать также цепи контроля производной напряжения. В тех случаях, когда при использовании местных сигналов по напряжению устройства не обеспечивают достаточной эффективности, применяются более сложные устройства, дополненные фиксацией повреждения с телепередачей сигналов (3.3.104).

Вопрос. Как действуют устройства АОСН для ликвидации дефицита реактивной мощности?

Ответ. Устройства АОСН увеличивают ее генерацию (форсировка компенсации) и (или) уменьшают ее потребление (отключение шунтирующих реакторов, отключение нагрузки). Управляющее воздействие выбирается в следующем порядке: отключение шунтирующих реакторов, форсировка компенсации. Кроме того, может применяться деление сети для ликвидации потерь реактивной мощности от транзитных перетоков. Применение отключения нагрузки допускается в случае невозможности или неэффективности применения других мероприятий. При отсутствии в данном узле потребителя, который может быть отключен, допускается применение отключения менее ответственных потребителей в смежных узлах (3.3.105).

Автоматическое ограничение повышения напряжения (АОПН)

Вопрос. Для каких целей предназначены устройства АОПН?

Ответ. Предназначены для ограничения длительности повышения напряжения на электрооборудовании энергосистемы, вызванного односторонним отключением линий электропередачи. Если напряжение не превосходит уровень, допустимый более 20 мин, применение АОПН не требуется.

Устройства АОПН устанавливаются на линиях напряжением 330 кВ и выше, а иногда на линиях 220 кВ большой протяженности (3.3.107).

Вопрос. На какие параметры реагируют устройства АОПН?

Ответ. Реагируют на повышение напряжения на шинах подстанции или на примыкающем конце линии и контролируют значение и направление реактивной мощности на линиях электропередачи, отходящих от подстанции. Контроль реактивной мощности обеспечивает выявление линии электропередачи, зарядная мощность которой явилась причиной повышения напряжения, и способствует несрабатыванию устройств в режиме синхронных качаний и в асинхронном режиме.

При необходимости устройство АОПН отключенного конца ВЛ действует без контроля реактивной мощности (3.3.108).

Вопрос. С какой выдержкой времени действуют устройства АОПН?

Ответ. Действуют с выдержкой времени, учитывающей допустимую длительность перенапряжений и отстроенной от длительности коммутационных и атмосферных перенапряжений и качаний, в первую очередь на включение шунтирующих реакторов; если же шунтирующие реакторы, имеющие выключатели, отсутствуют или включение реакторов не приводит к требуемому снижению напряжения, устройства действуют на отключение линии, вызвавшей повышение напряжения (3.3.109).

Автоматическая разгрузка оборудования (АРО)

Вопрос. Для каких целей предназначены устройства АРО?

Ответ. Предназначены для ограничения повышения тока в электрооборудовании сверх допустимого уровня с учетом длительности его повышения. Если ток не превосходит уровень, допустимый в течение 20 мин и более, применение АРО не требуется (3.3.111).

Вопрос. Как выполняются устройства АРО?

Ответ. Выполняются реагирующими непосредственно на повышение тока в электрооборудовании (3.3.111).

Вопрос. Какое исполнение может иметь устройство АРО?

Ответ. Может иметь ступенчатое исполнение по контролируемому току и выдержке времени. Оно действует на разгрузку электростанций (разгрузка турбин, отключение генераторов), а также на отключение нагрузки, деление сети. В случае технической и экономической целесообразности допускается действие устройств АРО только на отключение перегруженного оборудования (в том числе линии электропередачи после отключения шунтирующей ее линии более высокого напряжения при условии, что это действие не приводит к перегрузке и отключению других линий) (3.3.112).

Глава 3.4. ВТОРИЧНЫЕ ЦЕПИ

Вопрос. Что представляют собой вторичные цепи электроустановок?

Ответ. Представляют собой совокупность кабелей и проводов, соединяющих устройства управления, автоматики, сигнализации, защиты и измерения.

Вторичная система электроустановок – совокупность устройств управления, автоматики, сигнализации, защиты и измерения, связанных между собой вторичными цепями (3.4.1).

Вопрос. Каким принимается рабочее напряжение вторичных цепей присоединения, которое не имеет связи с другими присоединениями и аппаратура которого расположена отдельно от аппаратуры других присоединений?

Ответ. Принимается не выше 1 кВ. Во всех остальных случаях рабочее напряжение вторичных цепей – не выше 500 В (3.4.2).

Вопрос. Какие кабели и провода применяются для вторичных цепей?

Ответ. Применяются кабели и провода с медными жилами.

Кабели и провода с алюминиевыми жилами из полутвердого алюминия допускается применять во вторичных цепях на объектах вспомогательных сооружений электростанций и подстанций, не влияющих на выработку и передачу электрической энергии: очистные и инженерно-бытовые сооружения, механические мастерские, котельные и др.

На промышленных предприятиях (в цехах, распределительных пунктах, подстанциях) для вторичных цепей также допускается применять контрольные кабели и провода с алюминиевыми жилами из полутвердого алюминия, если это не противоречит дополнительным указаниям.

Не допускается применение кабелей и проводов с алюминиевыми жилами во вторичных цепях электроприемников I категории, особой группы I категории, агрегатов бесперебойного питания, автоматизированных дизельных электростанций, установок пожаротушения и пожарной сигнализации, а также во вторичных цепях с рабочим напряжением до 60 В (3.4.3).

Вопрос. Какие сечения жил выбираются по условию механической прочности?

Ответ. Выбираются следующие сечения жил:

жилы контрольных кабелей для присоединения под винт к зажимам панелей и аппаратов выбираются сечением не менее 1,5 мм² (а при применении специальных зажимов – не менее 1,0 мм²) для меди и 2,5 мм² для алюминия; для токовых цепей – 2,5 мм² для меди и 4 мм² для алюминия; для неответственных вторичных цепей, для цепей контроля и сигнализации допускается присоединение под винт кабелей с медными жилами сечением 1 мм²;

в цепях с рабочим напряжением 100 В и выше сечение медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, накруткой, принимается не менее 0,5 мм²;

в цепях с рабочим напряжением 60 В и ниже диаметр медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, накруткой, принимается не менее 0,5 мм. В устройствах связи, телемеханики и им подобных линейные цепи присоединяются к зажимам под винт.

Присоединение однопроволочных жил (под винт или пайкой) допускается осуществлять только к неподвижным элементам аппаратуры. Присоединение жил к подвижным или выемным элементам аппаратуры (втычным соединителям, выемным блокам и др.), а также к панелям и аппаратам, подверженным вибрации, выполняется гибкими (многопроволочными) жилами (3.4.4).

Вопрос. С учетом каких факторов выбирается сечение жил кабелей и проводов?

Ответ. Выбирается с учетом:

допустимых длительных токов;

защиты от КЗ без выдержки времени;

обеспечения термической стойкости для вторичных цепей ТТ при КЗ в силовых цепях;

обеспечения работы аппаратов в заданном классе точности.

Вопрос. Как размещаются цепи устройств РЗ, автоматики, управления, измерения и сигнализации, выполненных с применением микроэлектроники (микропроцессоров), и оперативные цепи включения и отключения, а также цепи переменного тока напряжением выше 60 В одного присоединения?

Ответ. По условиям ЭМС размещаются в разных кабелях.

В одном кабеле допускается объединение цепей защиты, автоматики, управления, измерений и сигнализации постоянного и переменного тока напряжением выше 60 В устройств, выполненных на электромеханической элементной базе.

Допускается применение общих кабелей для цепей разных присоединений, за исключением взаимно резервируемых.

Во избежание увеличения индуктивного сопротивления жил кабелей все жилы вторичных цепей от обмоток комплекта ТТ или ТН проходят в кабелях вместе на всем пути с тем, чтобы сумма токов этих цепей в каждом кабеле была практически равна нулю.

Кабели вторичных цепей ТН 110 кВ и выше, прокладываемые от ТН до щита, выбираются с металлической оболочкой или броней, заземленной с обеих сторон. Кабели цепей основных и дополнительных обмоток одного ТН 110 кВ и выше прокладываются рядом по всей длине трассы.

Для присоединений напряжения 110 кВ и выше, для генераторов мощностью 60 МВт и выше, рабочих и резервных трансформаторов питания шин СН 6,3 (10,5) кВ цепи оперативного постоянного тока и вторичные цепи от ТТ одного присоединения, как правило, размещаются в разных кабелях.

При раздельном питании оперативным током основных и резервных защит их оперативные цепи размещаются в разных кабелях. В этом случае, как правило, в разных кабелях находятся и вторичные цепи от ТТ основных и резервных защит; допускается объединять в одном кабеле оперативные цепи и цепи тока одной и той же защиты (3.4.6).

Вопрос. Как осуществляется подключение жил контрольных кабелей?

Ответ. Жилы, как правило, присоединяются к сборкам зажимов.

Под один винтовой зажим допускается подключение не более двух медных и не более одной алюминиевой жилы.

Допускается присоединение двух алюминиевых жил (при втычном способе), если конструкция зажима это позволяет.

Не допускается присоединение более двух жил под один пластинчатый зажим.

Допускается присоединять жилы контрольных кабелей непосредственно к выводам аппаратов, приборов и сервомеханизмов.

Исполнение зажимов применяется соответствующим материалу и сечению жил кабелей (3.4.8).

Вопрос. Какими проводами или кабелями выполняются монтаж цепей постоянного и переменного тока в пределах низковольных комплектных устройств (НКУ – панели, пульты, шкафы, ящики и т. п.), а также внутренние схемы соединений приводов выключателей, разъединителей и других устройств по условиям механической прочности?

Ответ. Выполняются проводами или кабелями с медными жилами сечением не менее:

для однопроволочных жил, присоединяемых винтовыми зажимами, – 1,5 мм^2;

для однопроволочных жил, присоединяемых пайкой или накруткой, – 0,5 мм^2;

для многопроволочных жил, присоединяемых пайкой, накруткой или под зажим с помощью специальных наконечников, – 0,35 мм^2; в технически обоснованных случаях допускается применение проводов с многопроволочными медными жилами, присоединяемыми пайкой или накруткой сечением менее 0,35 мм^2, но не менее 0,2 мм^2;

для жил, присоединяемых пайкой или накруткой в цепях напряжением до 60 В (диспетчерские щиты и пульты, устройства телемеханики и т. п.), – 0,197 мм^2 (диаметр – не менее 0,5 мм).

Механические нагрузки на места пайки проводов не допускаются.

Для переходов на подвижные части устройства, например, дверцы, применяются многопроволочные провода сечением не менее 0,5 мм^2.

Сечение проводов в НКУ и других изделиях заводского изготовления определяется:

допустимыми длительными токовыми нагрузками согласно гл. 1.3 Правил;

защитой от КЗ без выдержки времени;

термической стойкостью для вторичных цепей ТТ при КЗ в силовых цепях.

Для монтажа применяются провода и кабели с изоляцией, не распространяющей горение.

Применение проводов и кабелей с алюминиевыми или алюмомедными жилами для внутреннего монтажа НКУ не допускается (3.4.12).

Вопрос. Как выполняются соединения аппаратов между собой в пределах одного НКУ?

Ответ. Выполняются, как правило, непосредственно без выведения соединяющих проводов на промежуточные зажимы.

Рекомендуется выводить на ряд зажимов цепи, переключение которых требуется для изменения режима работы устройства, а также цепи, требующие отсоединения при проведении испытаний, проверок и наладок.

Цепи, в которые включаются испытательные, проверочные аппараты и приборы, должны быть выведены на измерительные зажимы или на испытательные блоки (3.4.13).

Вопрос. В каких местах устанавливаются промежуточные зажимы?

Ответ. Устанавливаются только там, где:

провод переходит в кабель;

объединяются одноименные цепи (сборка зажимов цепей отключения, цепей напряжения и т. п.);

включаются переносные испытательные и измерительные аппараты, если нет испытательных блоков или аналогичных устройств;

несколько кабелей переходит в один кабель или перераспределяются цепи различных кабелей (3.4.14).

Вопрос. Какие дополнительные элементы предусматриваются в устройствах защиты и автоматики, для проверки которых выполняется подключение испытательных и проверочных устройств?

Ответ. Предусматриваются испытательные блоки или измерительные зажимы, обеспечивающие без отсоединения проводов и кабелей:

отключение от источника оперативного тока;

отключение цепей напряжения и цепей тока от их потребителей с возможностью предварительного закорачивания цепей тока;

возможность присоединения испытательных аппаратов для проверки и наладки.

Устройства РЗиА, периодически выводимые из работы по требованиям режима сети, условиям селективности и другим причинам, снабжаются специальными приспособлениями для вывода их из работы оперативным персоналом.

Для устройств, выполненных на микропроцессорной базе, допускается вывод из работы (ввод в работу) осуществлять программными средствами (3.4.16).

Вопрос. Как осуществляется питание оперативным током вторичных цепей каждого присоединения?

Ответ. Осуществляется через отдельные предохранители или автоматические выключатели (применение последних предпочтительно).

Питание оперативным током цепей РЗ и управления выключателями каждого присоединения предусматривается через отдельные автоматические выключатели или предохранители, не связанные с другими цепями (предупредительная сигнализация, электромагнитная блокировка и т. п.). Допускается совместное питание цепей защиты и управления одного и того же присоединения, а также цепей управления и ламп сигнализации положения управляемого аппарата через один общий автоматический выключатель (или предохранители).

Для всех присоединений напряжением 220 кВ и выше и для генераторов (блоков) мощностью 60 МВт и более предусматривается раздельное

питание оперативным током (от разных индивидуальных автоматических выключателей) основных защит, резервных защит, цепей управления (в том числе каждой из двух групп электромагнитов отключения у тех выключателей, где они имеются), УРОВ, дифференциальной защиты шин и др.

Указанное рекомендуется выполнять также для особо ответственных присоединений и более низких напряжений, например, для рабочих и резервных трансформаторов питания шин 6,3 (10,5) кВ СН электростанций, линий межсистемных связей и др. (3.4.19).

Вопрос. Каким контролем снабжаются устройства РЗиА и управления ответственных элементов?

Ответ. Снабжаются постоянно действующим контролем состояния цепей питания оперативным током, обеспечивающим звуковую и визуальную сигнализацию.

Для менее ответственных устройств контроль питания может осуществляться подачей сигнала об отключенном положении автоматического выключателя в цепи оперативного тока.

Для коммутационных аппаратов (выключателей, короткозамыкателей, включателей-отключателей) выполняется контроль исправности цепи последующей операции. При этом контроль исправности цепи отключения выполняется во всех случаях, а контроль исправности цепи включения – на коммутационных аппаратах, включаемых под действием устройств автоматики (АВР, АПВ) или телеуправления.

Если параметры цепей включения и отключения привода не обеспечивают возможность контроля исправности этих цепей, контроль может не выполняться (3.4.20).

Вопрос. В каком месте предусматривается заземление во вторичных цепях ТТ?

Ответ. Предусматривается в одной точке на ближайшей от ТТ сборке зажимов или на зажимах ТТ.

Для защит, объединяющих несколько комплектов ТТ, заземление предусматривается также в одной точке (в месте установки защиты).

Вторичные обмотки промежуточных разделительных ТТ допускается не заземлять (3.4.23).

Вопрос. Как заземляются вторичные обмотки ТН?

Ответ. Заземляются соединением фазы *В* обмотки «звезды» и одного из концов обмоток «разомкнутого треугольника» с заземляющим устройством.

Заземление вторичных обмоток ТН выполняется, как правило, на ближайшей от ТН сборке зажимов или на зажимах ТН (до коммутационных аппаратов).

Для ТН, используемых в качестве источников оперативного переменного тока, если не предусматривается рабочее заземление одного из полюсов сети оперативного тока, защитное заземление вторичных обмоток ТН осуществляется через пробивной предохранитель (3.4.24).

Вопрос. Какими аппаратами ТН защищаются от КЗ во вторичных цепях?

Ответ. Защищаются автоматическими выключателями. Автоматические выключатели устанавливаются во всех проводниках, за исключением цепи нулевой последовательности (разомкнутого треугольника) ТН в сетях с эффективно и глухозаземленной нейтралью.

Для неразветвленных цепей напряжения, например, в пределах одного НКУ, автоматические выключатели допускается не устанавливать.

Во вторичных цепях ТН обеспечивается возможность создания видимого разрыва (рубильники, разъемные соединители и т. п.).

Установка устройств, которыми может быть создан разрыв проводников между ТН и местом заземления его вторичных цепей, не допускается (3.4.25).

Вопрос. Каковы требования настоящей главы Правил в части взаимного резервирования ТН систем (секций) шин?

Ответ. Для РУ 6 кВ и выше, имеющих схему «Две системы шин» или «Секционированные системы шин» предусматривается взаимное резервирование ТН систем (секций) шин при достаточной их мощности по вторичной нагрузке.

Для линий электропередачи напряжением 220 кВ и выше предусматривается резервирование питания нагрузки ТН, присоединенных к линиям электропередачи, при достаточной мощности по вторичной нагрузке резервирующего ТН (3.4.27).

Вопрос. Каковы правила маркировки во вторичных цепях?

Ответ. На НКУ (панели, шкафы) наносятся надписи с обслуживаемых сторон о назначении, а также порядковый номер или код на съемном козырьке панели. На установленной в НКУ аппаратуре наносятся надписи согласно электрической схеме и сквозная нумерация независимо от числа монтажных единиц:

для панелей с задним присоединением – справа налево сверху вниз со стороны фасада;

для панелей с передним присоединением – слева направо сверху вниз со стороны фасада.

При размещении на НКУ нескольких монтажных единиц они располагаются по фасаду слева направо и сверху вниз по номерам монтажных единиц с присвоением аппаратуре сквозных панельных номеров (3.4.31).

Вопрос. По каким конструкциям рекомендуется прокладывать кабели цепей управления, измерения и сигнализации микроэлектронных (микропроцессорных) устройств?

Ответ. Рекомендуется прокладывать по полкам, отдельным от полок силовых и контрольных кабелей, с рабочим напряжением 220 В и более (3.4.32).

Вопрос. На каком расстоянии от основания фундаментов прокладываются трассы кабелей с цепями управления, измерения и сигнализаций микроэлектронных (микропроцессорных) устройств в ОРУ (ЗРУ)?

Ответ. Как правило, прокладываются на расстоянии не менее 10 м в свету от основания фундаментов (заземлителей) с разрядниками и молниеотводами.

Допускается в стесненных условиях уменьшать это расстояние до 5 м, но при этом между фундаментом (заземлителем) и кабелями прокладывается дополнительный продольный заземлитель длиной не менее 15 м на расстоянии 0,5 м от кабельной трассы. Этот продольный заземлитель располагается симметрично относительно фундамента (заземлителя) и соединяется с заземляющим устройством по концам и в точках пересечения с другими горизонтальными заземлителями (3.4.33).

Вопрос. В каком месте заземляются металлические оболочки и броня кабелей цепей управления, измерения и сигнализации для микропроцессорных устройств РЗиА и телемеханики?

Ответ. Заземляются на ОРУ и ЗРУ при входе в помещение, в котором они установлены. При этом присоединение металлических оболочек и брони кабелей к заземляющему устройству выполняется в месте их ввода в здание, а также в местах концевых разделок кабеля на территории ОРУ и ЗРУ.

Экраны типа фольги заземляются только в местах концевой разделки кабелей в помещении релейного щита. При заземлении металлических экранов с двух сторон выполняется их проверка на термическую стойкость при КЗ в сети напряжением 110 кВ и выше (3.4.34).

Металлические корпуса коробов, в которых прокладываются кабели для микроэлектронных (микропроцессорных) устройств в ОРУ (ЗРУ) и в помещениях релейных щитов, заземляются по концам и в промежуточных точках с шагом 5–10 м (3.4.35).

Глава 3.5. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Технологический объект управления (ТОУ)	Объект управления, включающий электротехническое и другое оборудование с соответствующими системами управления, объединенное единым технологическим процессом	3.5.2
Контроль (технологический контроль)	Совокупность действий по сбору, обработке и анализу информации о режиме работы и состоянии ТОУ	3.5.3
Управление	Совокупность действий персонала и/или технических средств с целью изменения состояния или режима работы ТОУ	3.5.3
Автоматическое управление	Управление, осуществляемое средствами автоматизации без непосредственного участия человека	3.5.3
Автоматизированное управление	Управление, осуществляемое персоналом во взаимодействии со средствами автоматизации основных операций	3.5.3
Система управления, в том числе АСУ ТП и автоматизированная система диспетчерского управления – АСДУ	Совокупность взаимосвязанных технических и программных средств, обеспечивающая автоматизированное управление ТОУ и включающая действия персонала и соответствующих средств автоматизации	3.5.4
Дистанционное управление	Управление, осуществляемое оперативным персоналом с места, удаленного от соответствующих исполнительных органов управления электроустановкой	3.5.5
Местное управление	Управление, осуществляемое персоналом с места установки исполнительных органов управления электроустановкой	3.5.6

Окончание табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Оперативно-диспетчерское (диспетчерское) управление	Управление режимом работы электростанций, электрических и тепловых сетей, осуществляемое оперативно-диспетчерским (диспетчерским) персоналом соответствующего пункта (центра) управления	3.5.6
Телемеханика	Способы и средства контроля и управления объектами на расстоянии посредством передачи информации и команд управления по каналам связи между объектами и удаленными пунктами управления	3.5.7
Телеуправление	Управление, осуществляемое оперативным (оперативно-диспетчерским) персоналом с удаленного пункта управления с использованием телемеханики	3.5.7

Область применения

Вопрос. На какие системы управления распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на автоматизированное управление электроустановками, осуществляемое при оперативном и диспетчерском управлении как электроэнергетическими объектами, так и электрическими сетями, энергосистемами.

Организация управления электроустановками

Вопрос. Как организовывается управление электроустановками?

Ответ. Организовывается как автоматизированное или автоматическое.

Неавтоматизированное управление допускается для низковольтных электроустановок, а для высоковольтных может использоваться либо в качестве резервного, либо при невозможности установки необходимых средств автоматизации (3.5.8).

Вопрос. Какие элементы ТОУ являются управляемыми?

Ответ. Управляемыми элементами являются коммутационные аппараты и задающие устройства систем автоматического регулирования.

Управление коммутационными аппаратами и другими управляемыми элементами ТОУ осуществляется с рабочего места, оборудованного для формирования и выдачи оперативных команд в схему управления.

Предусматривается также возможность оперативного управления электроустановками непосредственно с места установки их органов управления.

В устройствах и программах автоматического управления коммутационными аппаратами и другими управляемыми элементами ТОУ предусматривается возможность перехода на режим автоматизированного управления (3.5.9).

Вопрос. Каковы общие требования к техническим средствам управления?

Ответ. Общими являются следующие требования.

Выбор технических средств управления и построение из них систем управления осуществляется с учетом требуемой надежности управления. Наивысшие требования предъявляются к функциям реализации управляющих воздействий (при этом предусматриваются меры по исключению выдачи ложных команд на органы управления ТОУ), а также аварийной и предупредительной сигнализации.

Для технических средств управления обеспечивается непрерывное бесперебойное электропитание. Состав устройств, требующих организации системы бесперебойного электропитания, ее структура и технические характеристики определяются с учетом указаний изготовителей технических средств.

На энергообъектах применяются технические средства управления, удовлетворяющие требованиям по ЭМС устройств РЗиА, связи и телемеханики.

Программные средства, используемые для управления ТОУ, снабжаются специальными компонентами для обеспечения защиты программ и данных от несанкционированного доступа, вирусов, «зависания» при сбоях. Обеспечивается также возможность перезапуска программ после сбоев и перерывов в работе без потери технологической информации (3.5.10).

Вопрос. Какие группы технологических объектов выделяются при организации управления?

Ответ. Выделяются четыре группы ТОУ:

объекты без постоянного дежурного оперативного персонала, находящиеся в оперативном ведении диспетчеров предприятия или района электрических сетей: подстанции 6–35 кВ и 110 кВ, а также подстанции 220 кВ, работающие преимущественно на местные электрические сети и слабо влияющие на режимы сетей высшего напряжения;

подстанции, телеуправляемые с диспетчерского пункта предприятия (или района) электрической сети, диспетчерского пункта энергосистемы (в отдельных случаях) или с другой подстанции;

системообразующие объекты, управление которыми осуществляется с участием постоянного дежурного оперативного персонала: электростанции, подстанции 220 кВ и выше с несколькими питающими напряжениями и сложной схемой первичных соединений, подстанции 110 кВ, питающие распределительные подстанции низшего класса напряжений;

электрические сети и энергосистемы в целом, управление которыми осуществляется персоналом соответствующего диспетчерского пункта (3.5.11).

Вопрос. Каким персоналом осуществляется управление объектами первой группы?

Ответ. Осуществляется персоналом оперативно-выездных бригад или вызванным «дежурным на дому» с использованием технических средств, обеспечивающих, как правило:

местное управление коммутационными аппаратами и другими управляемыми элементами;

регистрацию и передачу информации о несанкционированных отключениях и технологических нарушениях на объекте к месту расположения обслуживающего персонала.

На подстанциях с достаточно большим числом присоединений рекомендуется оборудовать оперативный пункт управления, с которого осуществляется дистанционное управление выключателями сетевого уровня (35 кВ и выше), а также выключателями вводов и секционными выключателями напряжения 6–10 кВ.

На не оборудованных оперативным пунктом управления подстанциях или РУ 10 кВ и ниже управление осуществляется с помощью командных элементов, устанавливаемых в приборном отсеке (шкафу) ячейки выключателя, куда выводится необходимая информация (3.5.12).

Вопрос. С помощью каких средств осуществляется управление подстанциями второй группы?

Ответ. Осуществляется с помощью средств телемеханики, обеспечивающих, как правило:

контроль текущего режима и состояния главной схемы подстанции и схемы СН;

обобщенную сигнализацию: работы устройств РЗиА, ПА; недопустимого отклонения режимных параметров; неисправностей оборудования;

телеуправление коммутационными аппаратами питающих и отходящих присоединений главной схемы (3.5.13).

Управление объектами с постоянным дежурным оперативным персоналом

Вопрос. С использованием каких средств осуществляется управление объектами третьей группы?

Ответ. Осуществляется, как правило, с использованием:

для электростанций – системы управления, охватывающей электротехническое оборудование станции в целом и ее компонентов (например, энергоблоков, агрегатов, общестанционных технологических комплексов);

для подстанций – АСУ ТП подстанции (3.5.14).

Вопрос. Что входит в состав основных информационных и управляющих функций системы управления?

Ответ. Рекомендуемый состав включает следующие функции:

сбор и обработка текущей информации от ТОУ;

контроль и сигнализация текущего состояния и режима основного оборудования;

регистрация и архивирование событий, параметров электрического режима и аварийных процессов;

двусторонний обмен информацией с высшими уровнями управления в энергосистеме;

обеспечение взаимосвязи со средствами РЗиА;

обеспечение взаимосвязи с системами автоматического управления;

технический учет и контроль электроэнергии и мощности (во взаимодействии с АСКУЭ);

дистанционное управление коммутационными аппаратами и другими управляемыми элементами главной электрической схемы объекта (3.5.15).

Вопрос. Каковы общие требованиям к отдельным функциям системы управления?

Ответ. Общими являются следующие требования.

Сбор и обработка текущей информации от ТОУ

При вводе аналоговой информации производится первичная обработка, включающая, как правило: масштабирование, фильтрацию, контроль и обеспечение достоверности. Допускается использование определенной изменяемой зоны нечувствительности, значение которой выбирается таким образом, чтобы не нарушалась технологическая логика обнаружения различных событий.

При вводе дискретной информации проверяется достоверность информации о состоянии коммутационных аппаратов (в том числе несоответствие поданной команде управления). Для этого рекомендуется с каждого коммутационного аппарата вводить по два сигнала, соответствующих его включенному и отключенному положению. Для коммутационных аппаратов, положение которых отображается на мнемосхеме или участвующих в работе ПА, это условие является обязательным.

Контроль и сигнализация текущего состояния и режима основного оборудования

В качестве основного средства организации контроля и сигнализации текущего состояния и режима оборудования ТОУ используются мнемосхемы, которые представляются оперативному персоналу в виде схем электрических соединений с отображением положения коммутационных аппаратов и других управляемых элементов ТОУ в динамике, а также – при необходимости – текущих значений режимных параметров.

Динамическая аналоговая информация на мнемосхемах обновляется с периодичностью, достаточной для решения задач управления.

Предупредительная и аварийная сигнализации различаются по характеру сигнала, по формам и способам визуального представления.

Регистрация и архивирование событий, параметров электрического режима и аварийных процессов

Регистрируются, как правило, следующие события:

реализация команд управления персоналом или устройствами блокировки и автоматического управления (но не автоматического регулирования);

изменение положения коммутационных аппаратов, автоматов и ключей вторичных цепей;

выход параметров за установленные допустимые пределы;

появление, квитирование и прекращение аварийной и предупредительной сигнализации;

запуск и срабатывание устройств РЗиА, ПА;

отказы базовых технических средств системы управления.

Регистрация событий осуществляется с указанием времени возникновения, наименований событий и их принадлежности к соответствующим объектам управления. Точность фиксации времени событий согласовывается со средствами регистрации аварийных процессов и позволяет однозначно распознавать последовательность событий, в частности, два последовательных переключения коммутационных аппаратов.

При регистрации значений параметров электрического режима и их отклонений за допустимые пределы предусматриваются меры для защиты зарегистрированной техническими средствами информации от несанкционированного изменения персоналом.

Архивированию подлежат, как правило, информация о событиях и процессах, а также фиксируемые в оперативном журнале сообщения, выданные оперативным персоналом объекта на высшие уровни иерархии управления, и распоряжения по проведению коммутаций в главной схеме и других оперативных действий.

Данные архива сохраняются по установленному на объекте или в системе диспетчерского управления регламенту (в том числе по срокам хранения).

Двусторонний обмен информацией с высшими уровнями управления в энергосистеме

Осуществляется сбор, обработка и передача информации, необходимой высшим уровням диспетчерского и технологического управления, как в штатном автоматическом режиме, так и по запросу верхнего уровня иерархии управления. Осуществляется также прием информации, поступающей с высших уровней управления.

Обеспечение взаимосвязи со средствами РЗиА

Обеспечивается возможность получения информации о действии устройств РЗиА, а в случае использования микропроцессорных устройств РЗиА – также о текущем состоянии, отказах, значениях и изменениях уставок устройств РЗиА, аварийных процессах.

Обеспечение взаимосвязи с системами автоматического управления

В системе управления ТОУ, как правило, предусматриваются средства, обеспечивающие:

получение текущей информации о функционировании систем автоматического управления и ее представление персоналу;

изменение персоналом уставок систем автоматического управления;

отключение систем автоматического управления по инициативе оперативного персонала и переход (если это возможно) на режим дистанционного управления соответствующими органами управления ТОУ (3.5.16).

Вопрос. Какие средства синхронизации предусматриваются при выполнении системы управления ТОУ на базе микропроцессорных устройств?

Ответ. Предусматриваются средства синхронизации отдельных устройств с сигналами точного астрономического времени. Точность синхронизации, а также точность привязки к астрономическому времени фиксируемых системой событий выбираются достаточными для регистрации и анализа быстропротекающих процессов (3.5.18).

Системы управления электроустановками на электростанциях

Вопрос. Между какими иерархическими уровнями управления распределяются функции управления электроустановками на электростанциях?

Ответ. Распределяются между:

общестанционным уровнем;

блочным уровнем (управление энергоблоками тепловых и атомных электростанций, агрегатами гидро- и гидроаккумулирующих электростанций, а также другими объектами, определяемыми особенностями технологического процесса электростанций);

местным уровнем (3.5.19).

Вопрос. Какие задачи решаются на каждом из выделенных уровней управления?

Ответ. Решаются, как правило, следующие задачи.

На общестанционном уровне:

обмен технологической (прежде всего, оперативно-диспетчерской) информацией с высшими уровнями управления;

распределение заданной активной нагрузки станции между энергоблоками (агрегатами), если такое распределение не производится средствами соответствующей системы автоматического управления;

для гидро- и гидроаккумулирующих электростанций – выбор агрегатов для выполнения заданий по активной и реактивной мощностям и формирование управляющих воздействий или рекомендаций оперативному персоналу по пуску, останову, переводу в режим синхронного компенсатора и обратно агрегатов (пуску в насосный режим агрегатов на гидроаккумулирующих электростанциях);

управление режимом станции по напряжению и реактивной мощности (если такое управление не осуществляется соответствующей общестанционной системой автоматического управления);

контроль общестанционного электрооборудования;

управление главной электрической схемой станции (ОРУ/ЗРУ высшего и среднего напряжения, автотрансформаторами и др.), а также общестанционными устройствами;

обмен технологической информацией с устройствами и системами управления блочного и – при необходимости – местного уровней управления.

На блочном (агрегатном) уровне:

сбор, обработка и представление информации по блочному (агрегатному) электрооборудованию оперативному персоналу энергоблока тепловой или атомной электростанции (генератор, электрооборудование СН блока и др.) или агрегата гидро- и гидроаккумулирующей электростанции (предтурбинный затвор, турбина, генератор и др.);

контроль основного и вспомогательного электрооборудования энергоблока (агрегата);

управление электрооборудованием энергоблока (агрегата) в различных режимах, включая режимы пуска, нормальной эксплуатации, планового останова и аварийных ситуаций;

управление элементами схемы СН станции (в том числе для атомной станции – управление системой аварийного электроснабжения);

обмен технологической информацией с устройствами и системами управления общестанционного и местного уровней управления.

На местном уровне – управление отдельными единицами электротехнического оборудования или отдельной функцией ТОУ (3.5.20).

Вопрос. Какие пункты управления предусматриваются с целью обеспечения указанного разделения функций управления между уровнями на электростанциях?

Ответ. Предусматриваются следующие пункты управления.

Центральный щит управления (ЦЩУ) предназначен для управления станцией в целом, а также для связи станции с высшим (диспетчерским) уровнем управления энергосистемой. В помещении ЦЩУ устанавливаются технические средства, обеспечивающие дежурному оперативному персоналу отображение текущей информации о ходе технологического процесса станции и состоянии электрооборудования. Организовываются, как правило, два рабочих места: начальника смены станции; начальника смены электроцеха. Оба рабочих места снабжаются:

органами контроля и дистанционного управления электроустановками;

устройствами связи с диспетчером энергосистемы;

устройством записи оперативных распоряжений;

громкоговорящей внутристанционной связью и др.

Блочные (агрегатные и др.) щиты управления предназначены для управления технологическим процессом соответствующих объектов (энергоблоков тепловых и атомных станций; агрегатов гидро- и гидроаккумулирующих электростанций и др.). В помещении блочного (агрегатного) щита управления устанавливаются технические средства, обеспечивающие дежурному оперативному персоналу отображение текущей информации о ходе технологического процесса энергоблока (агрегата) и состоянии его оборудования.

На энергоблоках тепловых и атомных станций управление электрооборудованием осуществляется, как правило, с двух рабочих мест: старшего машиниста – оператора энергоблока; начальника смены энергоблока (зам. начальника смены станции). Оба рабочих места организовываются в целом аналогично рабочим местам начальника смены станции и начальника смены электроцеха.

Для эксплуатационного персонала, обслуживающего электротехническое оборудование нескольких энергоблоков или агрегатов (например, старшего дежурного электромонтера, дежурных электромонтеров), рекомендуется предусматривать рабочее место, на которое выводится информация о работе соответствующего электрооборудования. Управление с этого поста не осуществляется. Аналогичные рабочие места рекомендуется организовывать для дежурного персонала, обслуживающего электроснабжение различных сооружений электростанции.

На крупных электростанциях рекомендуется организовывать местные пункты (или щиты) управления, предназначенные для управления удаленным оборудованием, а также для использования при пусконаладочных работах, аварийных ситуациях на объекте, отказах в системе управления. Присутствие на местных щитах постоянного дежурного оперативного персонала не требуется.

Рекомендуется организация специального рабочего места инженера-релейщика, в составе которого предусматриваются средства для анализа аварийных ситуаций и процессов, а также доступа к устройствам РЗиА с возможностью просмотра их уставок и конфигурации.

Рекомендуется также организация специального рабочего места системного инженера, обслуживающего программно-технический комплекс системы управления, в составе которого предусматриваются соответствующие средства контроля, диагностики, запуска и перезапуска технических средств системы и др. (3.5.21).

Системы управления подстанциями с постоянным дежурным оперативным персоналом

Вопрос. Какие пункты управления электрооборудованием организовываются на подстанциях?

Ответ. Организовываются следующие пункты управления с соответствующими рабочими местами:

центральный пункт управления, на котором размещается дежурный персонал и с которого осуществляется управление подстанцией в целом во всех режимах функционирования, а также оперативная связь с верхним уровнем диспетчерского управления энергосистемы и с соответствующим предприятием электрических сетей;

автоматизированное рабочее место инженера-релейщика (службы РЗиА), на котором осуществляется анализ аварийных ситуаций, контроль правильности работы устройств РЗиА, управление их уставками (в соответствии с действующими инструкциями);

рекомендуется организация пункта управления оборудованием СН и прочим вспомогательным оборудованием, находящимся в ведении дежурного электромонтера подстанции; в противном случае управление указанным оборудованием осуществляется с рабочего места дежурного персонала центрального пункта управления;

рекомендуется также организация специального рабочего места системного инженера, обслуживающего программно-технический комплекс АСУ ТП подстанций (3.5.23).

Вопрос. Какая функция диспетчерского управления на системообразующих подстанциях может быть возложена на дежурный оперативный персонал?

Ответ. Может быть возложено выполнение диспетчерских функций управления режимом нескольких подстанций, входящих в концентрированный узел или куст сетевых объектов энергосистемы. В этом случае на центральном пункте управления подстанцией организуется рабочее место диспетчера, оборудованное средствами телеуправления удаленными объектами по каналам связи (3.5.24).

Системы оперативно-диспетчерского управления электрическими сетями и энергосистемами

Вопрос. С помощью каких средств осуществляется оперативно-диспетчерское управление объектами четвертой группы – электрическими сетями и энергосистемами?

Ответ. Осуществляется с помощью средств АСДУ.

АСДУ включает технические и программные средства, обеспечивающие:

разработку и ведение в реальном масштабе времени режимов работы электрических сетей и энергосистем для надежного энергоснабжения потребителей;

требуемый уровень устойчивости электрических сетей и энергосистем;

эффективность производства энергии;

требуемое качество отпускаемой энергии;

ликвидацию разного рода аварийных ситуаций.

С этой целью предусматриваются средства, обеспечивающие полноту, достоверность и своевременность получаемой в центрах управления информации:

о текущих параметрах режимов электрической сети;

схеме контролируемой сети, ее слабых и потенциально опасных элементах;

запасах пропускной способности сети в контролируемых сечениях;

ресурсах управления в нормальных и аварийных условиях;

состоянии систем управления и каналов связи;

действиях устройств РЗ и ПА (3.5.25).

Вопрос. Какие задачи решаются с помощью технических и программных средств АСДУ?

Ответ. Осуществляется решение задач следующих временных уровней управления.

В нормальных режимах диспетчерам обеспечивается возможность контроля текущего режима и участие в управлении режимами электрических сетей или энергосистемы, выполняемом средствами автоматических систем. Осуществляется контроль исправности средств диспетчерского и автоматического управления с предоставлением персоналу необходимых сведений о состоянии устройств.

При краткосрочном планировании режимов (с упреждением от одних суток до недели) обеспечиваются, как правило:

прогнозирование суточных графиков нагрузки;

прием и учет заявок на ввод в работу и вывод из работы и резерва оборудования электростанций и электрических сетей, а также устройств РЗиА и управления;

составление и проверка балансов мощности с учетом ограничений по сети и др.

При долгосрочном планировании режимов (на месяц, квартал, год) обеспечиваются, как правило:

прогнозирование потребления электроэнергии и характерных графиков нагрузки;

разработка балансов мощности и электроэнергии;

оптимизация графиков использования энергоресурсов и проведения капитальных ремонтов оборудования и др. (3.5.26).

Вопрос. На основе какой системы строится АСДУ?

Ответ. Строится на основе иерархической системы сбора и передачи текущей информации и оперативного информационного (или информационно-управляющего) комплекса.

Система сбора и передачи текущей информации включает как объектные средства, входящие в состав систем управления подстанций и электростанций данного уровня диспетчерского управления, так и средства, реализуемые в соответствующем диспетчерском пункте.

Информационный (или информационно-управляющий) комплекс АСДУ обеспечивает персонал диспетчерского пункта энергосистемы или сетевого предприятия, а также системы технологического управления текущей информацией о состоянии и режиме основной системообразующей сети. Ввод информации в информационный (или информационно-управляющий) комплекс осуществляется через центральную приемно-передающую станцию, которая обеспечивает обмен информацией с устройствами телемеханики, диспетчерским щитом (в случае его установки) и с компьютерами, осуществляющими обработку информации, формирование базы данных реального времени и решение различных циклических задач (3.5.27).

Вопрос. Какие задачи решаются в составе информационного (или информационно-управляющего) комплекса АСДУ?

Ответ. Как правило, решаются следующие задачи:

прием, обработка и ретрансляция телеинформации;

контроль текущего режима и диспетчерского графика;

обработка и регистрация событий, в том числе: изменения состояния контролируемых объектов, выдача диспетчером сигнала телеуправления, выход телеизмерений за аварийные пределы и т. п.;

формирование аварийных сообщений;

обмен оперативной информацией с другими системами управления;

формирование оперативной базы данных и архивов;

обеспечение диалога и отображения информации на автоматизированных рабочих местах оперативно-диспетчерского персонала и диспетчерском щите;

контроль за состоянием оборудования;

ведение диспетчерской документации;

поддержка системы единого времени.

Для каждого события фиксируются: дата и время события с разрешающей способностью, как правило, не менее 1 с; место возникновения и описание события; для сигналов о превышении пределов – значение нарушенного предела и фактическое значение измерения.

В базах данных (и архивах) АСДУ хранится информация: текущего состояния и режима электрической сети; учета энергопотребления; расчетные модели сети; данные аварийных режимов; данные об отказах в системе; информация о выдаче команд диспетчерского управления, а также различная нормативно-справочная информация и отчетные документы (3.5.28).

Глава 3.6. **СВЯЗЬ**

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Линейный тракт	Комплекс технических средств системы передачи и физических цепей, обеспечивающих передачу сигналов электросвязи в полосе частот или с соответствующей данной системе передачи скоростью	3.6.2
Канал тональной связи	Аналоговый канал передачи с полосой частот от 300 до 3 400 Гц	3.6.3
Основной цифровой канал	Цифровой канал передачи со скоростью передачи сигналов 64 кбит/с	3.6.3
Некоммутируемый канал (канал прямой связи)	Канал передачи, соединяющий источник информации с ее потребителем без участия коммутационных устройств телефонных станций	3.6.4
Информация	Любые сигналы в аналоговом или цифровом виде, используемые для ПА, РЗ, передачи данных, телемеханики, телефонии, электронной почты, факсимиле	3.6.5
Высокочастотный канал по линиям электропередачи	Канал связи для передачи информации по фазным проводам или грозозащитным тросам линий электропередачи постоянного и переменного токов напряжением 35 кВ и выше	3.6.6
Высокочастотный тракт по линии электропередачи	Устройства обработки и присоединения (заградители, конденсаторы связи, фильтры присоединения, ВЧ кабели), включенные между ВЧ входом и ВЧ выходом аппаратуры связи	3.6.7
Конденсатор связи	Конденсатор, обеспечивающий присоединение аппаратуры связи совместно с фильтром присоединения к фазным проводам или тросам линии электропередачи	3.6.8
Высокочастотный заградитель	Устройство, обеспечивающее возможность работы ВЧ канала по линии электропередачи при различных режимах сети и содержащее силовой реактор, элемент настройки, защитный элемент	3.6.10

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Разделительный фильтр	Устройство, обеспечивающее возможность работы ВЧ канала по линии электропередачи при различных режимах сети и содержащее силовой реактор, элемент настройки, защитный элемент	3.6.11
Сигнал релейной защиты и противоаварийной автоматики	Физический носитель информации (ток или напряжение), обладающий определенными параметрами (амплитудой, частотой, фазой). Информация передается путем изменения (модуляции) этих параметров	3.6.12
Команда релейной защиты и противоаварийной автоматики	Передаваемая по каналу связи дискретная информация, предписывающая выполнение определенных операций. Команда может передаваться с помощью одного или комбинации из нескольких сигналов	3.6.13

Область применения

Вопрос. На какие сооружения электросвязи распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на линейные сооружения электросвязи, заходящие на территории электрических станций и подстанций и выходящие с них, а также на средства связи, размещенные на их территории (3.6.1).

Общие указания

Вопрос. Какими каналами связи обеспечивают средства электросвязи энергетические объекты?

Ответ. Обеспечивают необходимыми каналами связи для нужд диспетчерского, технологического, административно-хозяйственного управления, а также для ремонтно-эксплуатационного обслуживания ВЛ.

Требования по надежности, достоверности и времени передачи принимаются в соответствии с действующими указаниями по выбору объемов информации, проектированию систем сбора и передачи информации в энергосистемах (3.6.14).

Вопрос. По каким трактам организовываются оперативно-диспетчерская связь, передача телемеханической информации, сигналов РЗ, ПА и автоматического регулирования?

Ответ. Организовываются по двум независимым трактам, за исключением сигналов дифференциально-фазной защиты, которые передаются только по одному тракту (3.6.15).

Вопрос. На какие группы разделяются каналы электросвязи по способу установления соединения?

Ответ. Разделяются на коммутируемые и некоммутируемые.

Диспетчерская связь обеспечивает приоритет диспетчеру. В качестве основного тракта при организации оперативно-диспетчерской связи и каналов передачи телеинформации допускается использовать ведомственные или арендованные каналы передачи, отвечающие требованиям по надежности. Дублирующий тракт выполняется независимым от основного тракта.

Диспетчерскую телефонную связь допускается организовывать по коммутируемым и некоммутируемым каналам с обеспечением резервирования.

Резервирование диспетчерской телефонной связи осуществляется по каналам производственной технологической телефонной сети, организованным по независимым от прямого диспетчерского канала трактам. Допускается осуществлять резервирование по общегосударственной сети и по сетям других ведомств (3.6.16).

Вопрос. Куда включаются основной и резервный диспетчерские каналы электросвязи?

Ответ. Включаются в диспетчерскую телефонную станцию, которая, как правило, имеет резервированное управление, или в учрежденческо-производственную АТС с резервированным управлением и диспетчерским коммутатором в своем составе. Вызов по каналам диспетчерской телефонной связи осуществляется без набора номера, вручную. При этом диспетчер имеет возможность контроля занятости канала, вмешательства и принудительного освобождения канала электросвязи.

Если в составе существующего аналогового оборудования учрежденческо-производственной АТС нет специализированного комплекта дальней автоматической связи энергетики, то допускается применение аппаратуры дальней автоматической связи энергетики. Включение аналоговых каналов дальней автоматической связи в цифровые учрежденческо-производственные АТС осуществляется через специализированные четырехпроводные комплекты.

При наличии пучка каналов предусматривается выделение канала для диспетчерской связи.

Телефонные диспетчерские переговоры записываются на носители информации и архивируются в соответствии с действующими правилами (3.6.17).

Высокочастотные каналы по проводам и грозозащитным тросам ВЛ. Общие указания

Вопрос. На какое оборудование распространяются настоящие указания?

Ответ. Распространяются на оборудование, входящее в состав ВЧ каналов передачи информации: аппаратуру уплотнения, конденсатор связи, фильтр присоединения, ВЧ кабель, ВЧ заградитель, разделительный фильтр, модем (3.6.19).

Вопрос. В каком диапазоне выбираются рабочие частоты каналов ВЧ связи?

Ответ. Выбираются в диапазоне от 24 до 1000 кГц. Граничные частоты рабочих полос частот каналов принимаются кратными четырем (3.6.20).

Вопрос. Какая рабочая частота используется для организации одного ВЧ канала в одном направлении передачи?

Ответ. Используется рабочая полоса частот 4 кГц с граничными частотами, выбранными согласно п. 3.6.20 Правил. Для многоканальной аналоговой ВЧ аппаратуры занимается полоса частот, равная $4n$, в каждом направлении передачи, где n – число каналов. Для цифровой аппаратуры ВЧ связи с временным разделением каналов может использоваться полоса частот, равная $4k$, в каждом направлении передачи, где k может принимать значения от 1 до 4 (3.6.21).

Вопрос. Для каких целей может быть использован канал тональной частоты, образуемый аналоговой аппаратурой ВЧ связи по линии электропередачи, в рабочей полосе частот 4 кГц?

Ответ. Может быть использован:

для передачи телефонных разговоров и сигналов телефонной автоматики канала или факсимиле с занятием всей полосы канала (двух- или четырехпроводные окончания);

передачи сигналов телемеханики, данных и электронной почты с занятием всей полосы канала (четырехпроводные окончания);

передачи сигналов РЗ и ПА с занятием всей полосы канала;

комбинированной передачи с разделением полосы частот канала на две части: телефонный канал – в полосе частот 300–2400 Гц (2000 Гц), канал телемеханики – в полосе частот 2400 (2000) – 3400 (3800) Гц (3.6.22).

Вопрос. По каким схемам осуществляется ВЧ тракт по линии электропередачи?

Ответ. Как правило, осуществляется по схемам присоединения «провод–земля», «провод–провод» и «два провода–земля» (под термином «провод» понимается фаза или грозозащитный трос). Для линий с расщепленными фазами (грозозащитными тросами) допускается использование внутрифазного (внутритросового) присоединения к изолированным проводам расщепленной фазы (грозозащитного троса). Допускается осуществление ВЧ тракта с использованием присоединения к трем фазам нетранспонированной ВЛ. При выборе схемы присоединения отдается предпочтение схемам присоединения, обеспечивающим большую стабильность параметров ВЧ тракта при коммутационных переключениях и изменении условий окружающей среды (3.6.27).

Вопрос. Через какие устройства осуществляется присоединение ВЧ аппаратуры к фазам и грозозащитным тросам?

Ответ. Осуществляется через устройства присоединения, включаемые между фазами (грозозащитными тросами) и землей, содержащие конденсаторы связи, фильтры присоединения и разъединители, заземляющие нижнюю обкладку конденсатора связи.

В схемах присоединения, использующих более одного провода, рекомендуется выполнять устройства присоединения для каждого провода отдельно (3.6.28).

Вопрос. К какой категории надежности электроснабжения относится аппаратура связи?

Ответ. Относится к электроприемникам первой категории надежности (3.6.30).

Устройства присоединения

Вопрос. Что обеспечивает емкость конденсаторов связи?

Ответ. Обеспечивает необходимую полосу пропускания фильтра присоединения с учетом обеспечения требуемой симметрии фазных напряжений для сети с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью. Фильтр присоединения и конденсатор связи выдерживают грозовые и коммутационные перенапряжения (3.6.32).

Вопрос. Какое расстояние принимается между точками присоединения к контуру заземления заземляющих проводников молниеотводов, разрядников (ОПН) и заземляющих проводников фильтров присоединения?

Ответ. Принимается не менее 10 м (3.6.33).

Вопрос. Какой кабель применяется для соединения фильтра присоединения с аппаратурой связи?

Ответ. Применяется коаксиальный кабель. Допускается применение симметричного экранированного кабеля (3.6.35).

Вопрос. Какие разделительные фильтры устанавливаются при параллельной работе аппаратуры нескольких ВЧ каналов через одно устройство присоединения?

Ответ. Как правило, устанавливаются разделительные фильтры, разделяющие входы-выходы всех параллельно работающих аппаратов и ВЧ трактов. При наличии каналов РЗ и ПА установка разделительных фильтров обязательна (3.6.36).

Заградитель

Вопрос. Какой принимается длина ошиновки между местом включения ВЧ заградителя и точкой подключения конденсатора связи (для ВЧ заградителей на концах линии) или точкой разветвления (для ВЧ заградителей, включаемых в ответвления)?

Ответ. Принимается не более 1/10 длины волны максимальной частоты полосы запирания ВЧ заградителя (3.6.38).

Каналы для передачи сигналов РЗ и ПА

Вопрос. Что обеспечивают каналы для передачи сигналов и команд РЗ и ПА?

Ответ. Каналы обеспечивают:

надежную и своевременную передачу сигналов и команд при всех предусмотренных видах повреждений на линиях электропередачи и в РУ;

защиту от формирования ложных команд и сигналов при всех видах помех (в том числе при коммутациях выключателями и разъединителями);

отсутствие нарушений или неправильных действий при производстве работ или повреждениях на других каналах (3.6.39).

Вопрос. Как выполняются каналы РЗ и ПА?

Ответ. Выполняются с превышением уровня нормально принимаемого сигнала над минимально необходимым, достаточным для перекрытия прироста затухания канала при наиболее неблагоприятных погодных и иных условиях (для каналов передачи разрешающих и отключающих команд РЗ и команд ПА – при повреждениях на защищаемой линии) (3.6.40).

Вопрос. Какие каналы создаются для передачи сигналов РЗ?

Ответ. Создаются каналы по одной линии электропередачи. Для дифференциально-фазных и направленных дифференциально-фазных защит создаются отдельные каналы на специализированной аппаратуре. Ускоряющие, разрешающие и отключающие сигналы и команды РЗ могут передаваться в общем канале совместно с командами ПА (3.6.41).

Вопрос. По каким каналам осуществляется передача команд ПА?

Ответ. Осуществляется по дублированным каналам от места формирования до места реализации команд. Дублированные каналы выполняются по разным трассам либо с использованием разных средств передачи, исключающих возможность их выхода из действия по одной общей причине.

При наличии каналов, образованных по разным линиям электропередачи, на пункте стыковки организовывается трансляция либо релейный переприем команд ПА с минимальной задержкой (3.6.42).

Вопрос. Как выполняются каналы для передачи сигналов РЗ и ПА?

Ответ. Как правило, каналы выполняются выделенными, то есть используют собственную полосу частот и специализированную аппаратуру уплотнения и устройства присоединения.

Допускается совместное использование устройств обработки и присоединения для каналов РЗ, ПА и каналов другого назначения (связи, телемеханики, передачи данных) с применением разделительных фильтров и других мер для предотвращения взаимного влияния.

Для передачи сигналов РЗ и ПА допускается использование выделенных прямых некоммутируемых каналов многоканальной аппаратуры связи при условии удовлетворения специфических требований РЗиА.

Для передачи сигналов РЗ и ПА допускается также использование занятых или уплотненных каналов телефонной связи при выполнении следующих условий:

учет специфических требований систем РЗиА;

передача сигналов РЗ и ПА по прямому некоммутируемому тракту;

запрет передачи сигналов телефонии и телемеханики на время передачи сигналов РЗ и ПА;

защита канала от ложного действия или блокирования, вызванных воздействием телефонных сигналов при отсутствии передачи сигналов РЗ и ПА;

достаточная для каналов РЗ и ПА надежность телефонного канала и аппаратуры уплотнения (3.6.43).

Вопрос. Какими средствами автоматического контроля оборудуются каналы передачи сигналов РЗ и ПА?

Ответ. Оборудуются средствами автоматического контроля исправности канала и готовности его к действию. Контроль осуществляется непрерывно либо периодически. При появлении неисправности канала автоматически осуществляются меры, препятствующие неправильному действию защиты и автоматики, и включается аварийная сигнализация (3.6.44).

Волоконно-оптические линии связи, сооружаемые на ВЛ

Вопрос. Какие условия учитываются при выборе аппаратуры для ВОЛС-ВЛ?

Ответ. Учитываются условия ее применения (одномодовые или многомодовые волокна в кабеле, количество волокон, исходные параметры кабеля, расчетные значения затухания и дисперсии оптического сигнала в кабеле на регенерационном участке, скорость передачи информации, требуемое количество каналов, необходимость ввода или ответвления каналов и т. д.) (3.6.46).

Вопрос. В каких пунктах размещаются регенерационные пункты на трассе ВОЛС-ВЛ?

Ответ. Размещаются в пунктах, где может быть обеспечено их надежное электроснабжение (3.6.48).

Места установки устройств связи

Вопрос. В каких помещениях размещается аппаратура связи?

Ответ. Размещается, как правило, в помещении линейно-аппаратных цехов, а коммутационные станции – в отдельном приспособленном помещении. В отдельных случаях допускается размещение коммутационной станции совместно с аппаратурой связи, а также с аппаратурой оборудования установок питания.

Каналообразующая аппаратура для систем РЗ и ПА размещается, как правило, в помещении релейного щита (3.6.50).

Вопрос. Какие возможности обеспечиваются при размещении аппаратуры и коммутационных станций в помещениях?

Ответ. Обеспечивается:

минимальная протяженность кабелей от места их ввода в помещение до вводно-кабельного оборудования аппаратуры или коммутационной станции;

минимальная протяженность кабелей электропитания от установок питания до стоек аппаратуры связи;

минимальная протяженность станционных кабелей;

удобство эксплуатационно-технического обслуживания (3.6.51).

Вопрос. Как размещаются аппаратура связи и коммутационные станции?

Ответ. Размещаются рядами перпендикулярно главному проходу. Между рядами предусматриваются эксплуатационные проходы (3.6.52).

Электропитание устройств связи и телемеханики

Вопрос. На какие устройства распространяются настоящие указания?

Ответ. Распространяются на устройства, предназначенные для электропитания аппаратуры средств диспетчерского и технологического управления, размещаемых на электрических станциях, подстанциях и узлах диспетчерского и технологического управления.

Вопрос. Как выбираются электропитающие установки?

Ответ. Выбираются в соответствии с указаниями по проектированию электроснабжения технических средств диспетчерского и технологического управления и инструкций по проектированию электроустановок предприятий и сооружений электросвязи (3.6.55).

Вопрос. Каким может быть электропитание аппаратуры связи?

Ответ. Может быть централизованным или децентрализованным.

Централизованная система предусматривает оборудование электропитающей установки, общее для нескольких цехов, и размещается в специальных отдельных помещениях.

Децентрализованная система предусматривает оборудование электропитающей установки для каждого цеха или части аппаратуры и размещается непосредственно в помещении цеха (3.6.56).

Вопрос. По каким схемам выполняется электроснабжение устройств диспетчерского и технологического управления I категории?

Ответ. Выполняется по следующим основным схемам:

на переменном токе от установок гарантированного питания;

на постоянном токе от выпрямителей, работающих в буферном режиме с аккумуляторными батареями. Допускается размещение герметичных аккумуляторов в общем помещении с преобразовательными устройствами (3.6.58).

Вопрос. Какими устройствами автоматики комплектуются дизельные генераторы резервного электроснабжения?

Ответ. Комплектуются устройствами автоматики, обеспечивающими их запуск не более чем за 1 мин, поддержание напряжения и частоты на выходе в заданных пределах и возможность дистанционного пуска и останова агрегата с рабочего места дежурного персонала (3.6.59).

Обеспечение электромагнитной совместимости устройств связи и телемеханики

Вопрос. Как выполняются устройства связи и телемеханики?

Ответ. Выполняются помехозащищенными со степенью, достаточной для обеспечения их надежной работы как в нормальных, так и аварийных режимах работы электроустановки (энергосистемы). Устройства связи и телемеханики проходят испытания по ЭМС согласно государственным стандартам и другим нормативным документам (3.6.61).

Вопрос. В каком месте заземляются металлические оболочки и броня кабелей связи и телемеханики?

Ответ. Заземляются при вводе в здание в соответствии с методическими и руководящими документами (3.6.63).

Вопрос. В каких местах заземляются металлические корпуса коробов, используемые для прокладки кабелей в ОРУ и в помещении релейного щита или оперативного пункта управления?

Ответ. Заземляются по концам и в промежуточных точках с шагом 5–10 м (3.6.64).

Вопрос. От каких опасных воздействий защищаются КЛ, выходящие за пределы электрических станций и подстанций?

Ответ. Защищаются в соответствии с действующими правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи, рекомендациями по защите оптических кабелей связи с металлическими элементами от опасных влияний линий электропередачи, электрифицированных железных дорог переменного тока и энергоподстанций (3.6.66).

Глава 3.7. ТЕЛЕМЕХАНИКА

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Телемеханика	Способы и средства контроля и управления объектами на расстоянии посредством передачи информации и команд управления по каналам связи между объектами и удаленными пунктами управления	3.7.2
Устройство телемеханики	Комплекс программно-технических средств, предназначенных для сбора, обработки, передачи и приема информации в процессе обмена ею между источником и приемником информации	3.7.3
Телеконтроль (в том числе телеизмерение, телесигнализация)	Совокупность действий по сбору, обработке, передаче, анализу и отображению информации о режиме работы и состоянии объектов контроля и управления с использованием телемеханики	3.7.4
Телеуправление	Управление путем передачи команд на исполнительные механизмы органов управления или на уставки автоматических устройств управляемых объектов с использованием телемеханики	3.7.5
Телерегулирование	Передача управляющих воздействий от автоматических регуляторов на исполнительные механизмы органов управления или на уставки автоматических устройств с использованием телемеханики	3.7.6

Область применения

Вопрос. На какие устройства распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на устройства телемеханики, используемые для контроля и управления электростанциями, электрическими сетями и энергосистемами (3.7.1).

Общие указания

Вопрос. Для каких целей применяется телемеханика?

Ответ. Применяется для оперативно-диспетчерского контроля и управления территориально рассредоточенными электроустановками, связанными общим режимом работы, а также для автоматического регулирования и управления энергообъектами, энергосистемами и электрическими сетями с целью повышения надежности, оптимизации режимов и производственных процессов, ускорения ликвидации нарушений и аварий, повышения экономичности и надежности работы электроустановок, улучшения качества вырабатываемой энергии, снижения численности эксплуатационного персонала и отказа от постоянного дежурства персонала (3.7.7).

Вопрос. Каковы рабочие функции устройств телемеханики?

Ответ. Передают с энергетических объектов в необходимом объеме данные телеконтроля (в том числе телеизмерений и телесигнализаций) на пункты управления, а также передают от пунктов управления к объектным устройствам сигналы управления (или регулирования) с необходимой скоростью и достоверностью (3.7.8).

Вопрос. Где устанавливаются и как используются устройства телемеханики для контроля и управления (регулирования) в энергосистемах и электрических сетях?

Ответ. Устанавливаются как на энергообъектах, так и в соответствующих диспетчерских пунктах и используются в качестве составной части автоматизированных и автоматических систем:

диспетчерского управления;

противоаварийной автоматики;

регулирования частоты и активной мощности;

регулирования напряжения и реактивной мощности;

контроля и учета электроэнергии и мощности.

При создании на энергообъекте АСУ ТП функции телемеханики реализуются с помощью программно-технических средств, включаемых в состав АСУ ТП (3.7.9).

Вопрос. Какие системы предусматриваются на подстанциях и электростанциях с территориально рассредоточенными объектами контроля и управления?

Ответ. Предусматриваются распределенные системы сбора и передачи информации (внутриобъектная телемеханика). При создании на таких объектах АСУ ТП средства внутриобъектной телемеханики входят в ее состав (3.7.12).

Вопрос. Что обеспечивает телесигнализация?

Ответ. Обеспечивает отображение в пунктах управления: положений основного коммутационного оборудования; событий срабатывания устройств РЗ и ПА; состояния электроустановок, вспомогательных устройств, локальных цепей автоматики, аварийных сигналов, а также ввод сигналов в устройства систем диспетчерского и технологического управления (регулирования).

Каждому телесигналу (событию) в объектном устройстве телемеханики присваивается метка времени его возникновения, которая вместе с телесигналом передается на соответствующий пункт управления.

В качестве датчика телесигнала положения выключателя (разъединителя) используется блок-контакт выключателя (разъединителя) или контакт реле контроля цепи отключения.

Телесигнализация работы аварийной, предупредительной сигнализации, а также работы автоматических устройств осуществляется от контактов выходных реле. При необходимости предусматриваются реле-повторители. Допускается использовать в качестве датчика телесигнала бесконтактные элементы.

Предусматривается возможность отключения цепей телесигнализации от передающего устройства телемеханики.

В микропроцессорных устройствах телемеханики предусматривается контроль исправности цепей телесигнализации с извещением персонала объекта и пункта управления (3.7.14).

Вопрос. Что обеспечивает телеизмерение?

Ответ. Обеспечивает преобразование и передачу текущих значений параметров, необходимых для контроля и управления режимами и состоянием электроустановок, а также для предотвращения или ликвидации возможных нарушений нормальных режимов.

Для обеспечения идентичности телеизмерений, используемых в пунктах управления и на энергообъектах, используются одни и те же источники и средства измерения (3.7.15).

Вопрос. В каком объеме предусматривается телеуправление энергообъектами, осуществляемое с диспетчерских пунктов?

Ответ. Предусматривается в объеме, обеспечивающем централизованное оперативное установление надежных и экономически выгодных схем и режимов работы электроустановок в сетях и системах электроснабжения, если эти цели не могут быть достигнуты средствами автоматики.

Предусматривается возможность отключения исполнительных цепей телеуправления при проведении испытаний, проверок и других работах на объектных устройствах телемеханики, а также блокировка выходных исполнительных реле телеуправления с помощью одного общего сигнала (ключа) (3.7.16).

Вопрос. Что обеспечивает телерегулирование?

Ответ. Обеспечивает передачу сигналов, используемых в системах автоматического регулирования технологических процессов на объекте, в том числе:

регулирующих воздействий на исполнительные механизмы органов управления;

цифровых значений (уставок) для задания значений регулируемых параметров и величин диапазонов регулирования (3.7.17).

Вопрос. Что обеспечивают устройства телемеханики?

Ответ. Как правило, обеспечивают передачу информации по основному и резервному каналам связи на несколько пунктов управления в двух и более (при необходимости) направлениях. Выбор способов организации и резервирования трактов и каналов передачи информации и средств связи определяются требуемыми скоростью передачи и надежностью соответствующих систем контроля и управления.

Устройства телемеханики сопрягаются по входам-выходам с внешними модемами или имеют встроенные модемы для сопряжения с оборудованием связи (3.7.19).

Вопрос. От каких источников осуществляется резервное электроснабжение устройств телемеханики, установленных на диспетчерских пунктах энергосистем и предприятий электросетей?

Ответ. Осуществляется от независимых источников – от аккумуляторной батареи с агрегатами бесперебойного питания, дизель-генератора (3.7.20).

Вопрос. Где устанавливаются устройства телемеханики?

Ответ. Устанавливаются на панелях (в шкафах) в ряду панелей управления и защиты энергообъекта.

Модули ввода-вывода распределенных устройств телемеханики устанавливаются непосредственно на присоединениях.

На устройства телемеханики, модули ввода-вывода информации наносится соответствующая маркировка. Устройства телемеханики устанавливаются в местах, удобных для эксплуатации и производства контрольных испытаний и проверок (3.7.22).

Раздел 4

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ

Глава 4.1. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ до 1 кВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА и до 1,5 кВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Область применения

Вопрос. На какие РУ распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на РУ и НКУ напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока, устанавливаемые в помещениях и на открытом воздухе и выполняемые в виде щитов распределительных, управления, релейных, пультов, шкафов, шинных выводов, сборок (4.1.1).

Общие требования

Вопрос. По каким условиям и режимам работы должен производиться выбор проводов, шин, аппаратов, приборов и конструкций?

Ответ. Должен производиться как по нормальным условиям работы (соответствие рабочему напряжению и току, классу точности и т. п.), так и по условиям работы при КЗ (термические и динамические воздействия, коммутационная способность) (4.1.2).

Вопрос. Каковы общие требования Правил к РУ и НКУ?

Ответ. Они должны иметь четкие надписи, указывающие назначение отдельных цепей, панелей, аппаратов. РУ, как правило, должны иметь мнемосхему (4.1.3).

Взаимное расположение фаз и полюсов в пределах всего устройства должно быть одинаковым (4.1.5).

Все металлические части РУ и НКУ должны иметь антикоррозийное покрытие (4.1.6).

Установка приборов и аппаратов

Вопрос. Как должны устанавливаться аппараты рубящего типа?

Ответ. Должны устанавливаться так, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно, под действием силы тяжести. Их подвижные токоведущие части в отключенном положении, как правило, не должны быть под напряжением (4.1.9).

Вопрос. Чем должны быть защищены рубильники с непосредственным ручным управлением (без привода), предназначенные для включения и отключения тока нагрузки и имеющие контакты, обращенные к оператору?

Ответ. Должны быть защищены несгораемыми оболочками без отверстий и щелей. Указанные рубильники, предназначенные лишь для снятия напряжения, допускается устанавливать открыто при условии, что они будут недоступны для неквалифицированного персонала (4.1.10).

Вопрос. В каких случаях не требуется предусматривать отключающий аппарат перед выключателем каждой отходящей от РУ линии?

Ответ. Не требуется предусматривать в электроустановках:

с выдвижными выключателями;

со стационарными выключателями, в которых во время ремонта или демонтажа данного выключателя допустимо снятие напряжения общим аппаратом с группы выключателей или со всего РУ;

со стационарными выключателями, если обеспечена возможность безопасного демонтажа выключателей под напряжением с помощью изолированного инструмента (4.1.12).

Вопрос. Как должны устанавливаться резьбовые (пробочные) предохранители?

Ответ. Должны устанавливаться так, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к электроприемникам — к винтовой гильзе (4.1.13).

Вопрос. В какой зоне следует производить установку приборов и аппаратов на РУ и НКУ?

Ответ. Следует производить в зоне от 400 до 2000 мм от уровня пола. Аппараты ручного оперативного управления (переключатели, кнопки) рекомендуется располагать на высоте не более 1900 мм и не менее 700 мм от уровня пола. Измерительные приборы рекомендуется устанавливать таким образом, чтобы шкала каждого из приборов находилась на высоте 1000—1800 мм от пола (4.1.14).

Шины, провода, кабели

Вопрос. Каковы требования Правил к открытым токоведущим частям в отношении электробезопасности?

Ответ. Они, как правило, должны иметь изоляционное покрытие. Между неподвижно укрепленными токоведущими частями разной полярности, а также между ними и открытыми проводящими частями должны быть обеспечены расстояния не менее 20 мм по поверхности изоляции и не менее 12 мм по воздуху. От неизолированных токоведущих частей до ограждений должны быть обеспечены расстояния не менее 100 мм при сетчатых и 40 мм при сплошных съемных ограждениях (4.1.15).

Вопрос. Как могут прокладываться изолированные провода с изоляцией, рассчитанной на напряжение не ниже 660 В, в пределах панелей, щитов и шкафов, установленных в сухих помещениях?

Ответ. Могут прокладываться по металлическим, защищенным от коррозии поверхностям вплотную один к другому. В этих случаях для силовых цепей должны применяться снижающие коэффициенты на токовые нагрузки (4.1.16).

Вопрос. Как могут быть проложены защитные (*PE*) проводники и шины?

Ответ. Могут быть проложены без изоляции. Нулевые рабочие (*N*) проводники, шины и совмещенные (*PEN*) проводники прокладываются с изоляцией (4.1.17).

Конструкция распределительных устройств

Вопрос. Как должны быть выполнены РУ и НКУ в части защиты от вибрации?

Ответ. Должны быть выполнены так, чтобы вибрации, возникающие при действии аппаратов, а также от сотрясений, вызванных внешними воздействиями, не нарушали контактных соединений и не вызывали разрегулировки аппаратов и приборов (4.1.20).

Вопрос. Допускается ли применение гигроскопических изоляционных материалов (например, мрамора, асбоцемента) в устройствах, устанавливаемых в сырых и особо сырых помещениях и открытых установках?

Ответ. Применение таких материалов не допускается (4.1.21).

Вопрос. Что должны предусматривать конструкции РУ и НКУ?

Ответ. Должны предусматривать ввод кабелей без нарушения степени защиты оболочки, места для прокладки разделки внешних присоединений, а также наименьшую в данной конструкции длину разделки кабелей. Должен быть обеспечен доступ ко всем обслуживающим аппаратам, приборам, устройствам и их зажимам. РУ должно иметь устройства для подключения нулевых рабочих (*N*), заземляющих (*PE*) и совмещенных (*PEN*) проводников внешних кабелей и проводов. В случае когда внешние кабели по сечению или количеству не могут быть подключены непосредственно к зажимам аппаратов, конструкция РУ должна предусматривать дополнительные зажимы или промежуточные шины с устройствами для присоединения внешних кабелей. РУ и НКУ должны предусматривать ввод кабелей как снизу, так и сверху, или только снизу или только сверху (4.1.22).

Установка распределительных устройств в электропомещениях

Вопрос. Каким требованиям должны соответствовать проходы обслуживания в электропомещениях, находящиеся с лицевой или с задней стороны щита?

Ответ. Должны соответствовать следующим требованиям:

ширина проходов в свету должна быть не менее 0,8 м, высота проходов в свету не менее 1,9 м. Ширина прохода должна обеспечивать удобное обслуживание установки и перемещение оборудования. В отдельных местах проходы могут быть стеснены выступающими строительными конструкциями, однако ширина прохода в этих местах должна быть не менее 0,6 м;

расстояния от наиболее выступающих неогражденных неизолированных токоведущих частей (например, отключенных ножей рубильников) при их одностороннем расположении на высоте менее 2,2 м до противоположной стены, ограждения или оборудования, не имеющего неогражденных неизолированных токоведущих частей, должны быть не менее:

1,0 м – при напряжении ниже 660 В при длине щита до 7 и 1,2 м при длине щита более 7 м;

1,5 м – при напряжении 660 В и выше. Длиной щита в данном случае называется длина прохода между двумя рядами сплошного фронта панелей (шкафов) или между одним рядом и стеной;

расстояния между неогражденными неизолированными токоведущими частями, находящимися на высоте менее 2,2 м, при их двухстороннем расположении должны быть не менее:

1,5 м – при напряжения ниже 660 В;

2,0 м – при напряжении 660 В и выше;

неизолированные токоведущие части, находящиеся на меньших расстояниях, должны быть ограждены. При этом ширина прохода с учетом ограждений должна быть не менее указанной выше;

неогражденные неизолированные токоведущие части, размещенные над проходами, должны быть расположены на высоте не менее 2,2 м;

ограждения, горизонтально размещаемые над проходами, должны быть расположены на высоте не менее 1,9 м;

проходы для обслуживания щитов при длине щита более 7 м должны иметь два выхода. Выходы из прохода с монтажной стороны щита могут быть выполнены как в щитовое помещение, так и в помещения другого назначения. При ширине прохода обслуживания более 3 м и отсутствии маслонаполненных аппаратов второй выход необязателен. Двери из помещений РУ должны открываться в сторону других помещений (за исключением РУ напряжением выше 1 кВ переменного тока и выше 1,5 кВ постоянного тока) или наружу и иметь самозапирающиеся замки, отпираемые без ключа с внутренней стороны помещения. Ширина дверей должна быть не менее 0,75 м, высота не менее 1,9 м (4.1.23).

Вопрос. Какие приспособления могут служить в качестве ограждения неизолированных токоведущих частей?

Ответ. Могут служить сетки с размерами ячеек не более 25×25 мм, а также сплошные или смешанные ограждения. Высота ограждений должна быть не менее 1,7 м (4.1.24).

Установка распределительных устройств в производственных помещениях

Вопрос. Каковы требования Правил к токоведущим частям РУ, установленных в помещениях, доступных для неквалифицированного персонала?

Ответ. Такие РУ должны иметь токоведущие части, закрытые сплошными ограждениями, либо должны быть выполнены со степенью защиты не менее IP2X. В случае применения РУ с открытыми токоведущими частями оно должно быть ограждено и оборудовано местным освещением. При этом ограждение должно быть сетчатым, сплошным или смешанным высотой не менее 1,7 м. Дверцы входа за ограждение должны запираться на ключ. Расстояние от сетчатого ограждения до неизолированных токоведущих частей устройства должно быть не менее 0,7 м (4.1.25).

Вопрос. Как должны выполняться съемные ограждения?

Ответ. Должны выполняться так, чтобы их удаление было невозможно без специального инструмента. Дверцы должны запираться на ключ (4.1.27).

Установка распределительных устройств на открытом воздухе

Вопрос. Какие требования необходимо соблюдать при установке РУ на открытом воздухе?

Ответ. Необходимо соблюдать следующие требования:

устройство должно быть расположено на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки и должно иметь конструкцию, соответствующую условиям окружающей среды. В районах, где наблюдаются снежные заносы высотой 1 м и более, шкафы следует устанавливать на повышенных фундаментах;

должен быть предусмотрен местный подогрев для обеспечения нормальной работы аппаратов, реле, измерительных приборов и приборов учета в соответствии с требованиями ГОСТ и других нормативных документов. В шкафах должно быть предусмотрено местное освещение (4.1.28).

Глава 4.2. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ

Область применения, определения

Вопрос. На какие РУ и трансформаторные подстанции (ПС) распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на стационарные РУ и ПС переменного тока напряжением выше 1 кВ (4.2.1).

Вопрос. Какие требования по устройству РУ и ПС не содержит настоящая глава Правил?

Ответ. Не содержит требования в части:

выбора площадки (кроме некоторых пунктов);

инженерной подготовки территории;

мероприятий по снижению шума, создаваемого работающим электрооборудованием;

определения категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений;

определения степени огнестойкости зданий (кроме некоторых пунктов);

охранных мероприятий;

противопожарной защиты и пожарной безопасности (кроме некоторых пунктов).

По перечисленному выше следует руководствоваться требованиями действующих строительных норм и правил и ведомственных документов (4.2.2).

Вопрос. Что представляют собой РУ, ОРУ и ЗРУ?

Ответ. РУ – электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики, телемеханики, связи и измерений.

ОРУ – РУ, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе.

ЗРУ – РУ, оборудование которого расположено в помещении (4.2.4).

Вопрос. Что такое КРУ и КРУЭ?

Ответ. КРУ – РУ, состоящее из шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами измерения, защиты и автоматики и соединительных элементов (например, токопроводов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном к сборке виде.

КРУЭ – РУ, в котором основное оборудование заключено в оболочки, заполненные элегазом, служащим изолирующей и/или дугогасящей средой.

КРУ, предназначенное для внутренней установки, сокращенно обозначается КРУ, а для наружной – КРУН. Разновидностью КРУ является КСО (4.2.5).

Вопрос. Что такое ПС, пристроенная ПС (РУ) и встроенная ПС (РУ)?

Ответ. ПС – электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения энергии и состоящая из трансформаторов, РУ, устройств управления, технологических и вспомогательных сооружений (4.2.6).

Пристроенная ПС (РУ) – ПС (РУ), непосредственно примыкающая к основному зданию электростанции или промышленного предприятия (4.2.7).

Встроенная ПС (РУ) – ПС (РУ), занимающая часть здания (4.2.8).

Вопрос. Что представляет собой внутрицеховая ПС (РУ)?

Ответ. Это ПС (РУ), расположенная внутри цеха открыто (без ограждения), за сетчатым ограждением, в отдельном помещении (4.2.9).

Вопрос. Что такое комплектная ПС (КТП), столбовая ПС (СТП) и мачтовая ПС (МТП)?

Ответ. КТП – ПС, состоящая из трансформаторов, блоков (КРУ и КРУН) и других элементов, поставляемых в собранном или полностью подготовленном на заводе-изготовителе к сборке виде (4.2.10).

СТП – открытая ПС, все оборудование которой установлено на одностоечной опоре ВЛ на высоте, не требующей ограждения.

МТП – открытая ПС, все оборудование которой установлено на конструкциях (в том числе на двух и более стойках опор ВЛ) с площадкой обслуживания на высоте, не требующей ограждения (4.2.11).

Вопрос. Что представляет собой распределительный пункт?

Ответ. Представляет собой РУ 6–500 кВ с аппаратурой для управления его работой, не входящее в состав ПС (4.2.12).

Вопрос. Что такое секционирующий пункт?

Ответ. Пункт, предназначенный для секционирования (с автоматическим или ручным управлением) участка линии 6–20 кВ (4.2.13).

Вопрос. Что представляет собой камера?

Ответ. Представляет собой помещение, предназначенное для установки аппаратов, трансформаторов и шин.

Закрытая камера – камера, закрытая со всех сторон и имеющая сплошные (не сетчатые) двери.

Огражденная камера – камера, которая имеет проемы, защищенные полностью или частично несплошными (сетчатыми или смешанными) ограждениями (4.2.14).

Вопрос. Какие мероприятия и устройства представляют собой биологическую защиту?

Ответ. Биологическая защита – это комплекс мероприятий и устройств для защиты людей от вредного влияния электрического и магнитного полей (4.2.15).

Вопрос. Что представляет собой здание вспомогательного назначения?

Ответ. Представляет собой здание, состоящее из помещений, необходимых для организации и проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования ПС (4.2.16).

Общие требования

Вопрос. Каким образом должны быть выбраны и установлены электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния?

Ответ. Должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:

вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газа и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ или замыканию на землю;

при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ;

при снятом напряжении с какой-либо цепи относящиеся к ней аппараты, токоведущие части или конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей;

была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования (4.2.17).

Вопрос. Какие требования необходимо выполнять при использовании разъединителей и отделителей при их наружной и внутренней установке для отключения и включения токов холостого хода силовых трансформаторов, зарядных токов ВЛ, КЛ и систем шин?

Ответ. Необходимо выполнять следующие требования:

разъединителями и отделителями напряжением 110–500 кВ независимо от климатических условий и степени промышленного загрязнения атмосферы при их наружной установке допускается отключать и включать ток холостого хода силовых трансформаторов и зарядные токи ВЛ и КЛ, систем шин и присоединений, которые не превышают значений, указанных в табл. 4.2.1 настоящей главы Правил;

разъединителями и отделителями напряжением 110, 150, 220 кВ при их внутренней установке со стандартными расстояниями между осями полюсов соответственно 2, 2,5 и 3,5 м допускается отключать и включать токи холостого хода силовых (авто)трансформаторов при глухозаземленной нейтрали соответственно не более 4,2 и 2 А, а также зарядные токи присоединений не более 1,5 А;

расстояния по горизонтали от колонок и концов горизонтально-поворотных подвижных контактов в отключенном положении до заземленных и токоведущих частей соседних присоединений должны быть не меньше расстояний между осями полюсов, указанных в табл. 4.2.1 и 4.2.2 настоящей главы Правил;

разъединителями и отделителями 6–35 кВ при их наружной и внутренней установке допускается отключать и включать токи холостого хода силовых трансформаторов, зарядные токи ВЛ и КЛ, а также токи замыкания на землю, которые не превышают значений, указанных в табл. 4.2.2 и 4.2.3 настоящей главы Правил;

у разъединителей и отделителей, установленных горизонтально, спуски из гибкого провода следует прокладывать полого во избежание переброски на них дуги, не допуская расположения, близкого к вертикальному. Угол между горизонталью и прямой, соединяющей точку подвеса спуска и линейный зажим полюса, должен быть не более 65°;

для обеспечения безопасности персонала и защиты его от светового и теплового воздействия дуги над ручными приводами отделителей и разъединителей следует устанавливать козырьки или навесы из негорючего материала. Сооружение козырьков не требуется у разъединителей и отделителей напряжением 6–35 кВ, если отключаемый ток холостого хода не превышает 3 А, а отключаемый зарядный ток – 2 А;

приводы трехполюсных разъединителей 6–35 кВ при их внутренней установке, если они не отделены от разъединителей стеной или перекрытием, следует снабжать глухим щитом, расположенным между приводом и разъединителем;

в электроустановках напряжением 35, 110, 150 и 220 кВ с разъединителями и отделителями в одной цепи отключение ненагруженного трансформатора, автотрансформатора, системы шин, линий электропередачи следует производить дистанционно отделителем, включение – разъединителем (4.2.18).

Вопрос. Какие нагрузки должны выдерживать конструкции, на которых установлены электрооборудование, аппараты, токоведущие части и изоляторы?

Ответ. Должны выдерживать нагрузки от их веса, тяжения, коммутационных операций, воздействия ветра, гололеда и КЗ, а также сейсмических воздействий.

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

Конструкции на нагрев могут не проверяться, если по токоведущим частям проходит переменный ток 1000 А и менее (4.2.20).

Вопрос. Установка каких устройств должна быть предусмотрена во всех цепях РУ?

Ответ. Должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, ТТ, ТН и т. д.) каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.

Видимый разрыв может отсутствовать в КРУ заводского изготовления (в том числе в КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.

Указанное требование не распространяется на ВЧ заградители и конденсаторы связи, на ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, на ТН емкостного типа, присоединяемые к системам шин, на разрядники и ОПН, устанавливаемые на выводах трансформаторов и шунтирующих реакторов и на отходящих линиях, а также на силовые трансформаторы с кабельными вводами (4.2.21).

Вопрос. Какие меры должны быть приняты для обеспечения надежной работы установки при расположении РУ и ПС в местах, где воздух может содержать вещества, ухудшающие работу изоляции или разрушающе действующие на оборудование и шины?

Ответ. Должны быть приняты следующие меры: применение закрытых РУ и ПС, защищенных от проникновения пыли, вредных газов или паров в помещение;

применение усиленной изоляции и шин из материала, стойкого к воздействию окружающей среды, или покраска их защитным покрытием;

расположение РУ и ПС со стороны господствующего направления ветра;

применение минимального количества открыто установленного оборудования (4.2.22).

Вопрос. Что должно быть предусмотрено в ОРУ, КРУ, КРУН и неотапливаемых ЗРУ, где температура окружающего воздуха может быть ниже допустимой для оборудования?

Ответ. Должен быть предусмотрен подогрев в соответствии с действующими стандартами на оборудование (4.2.24).

Вопрос. Из какого материала следует выполнять ошиновку РУ и ПС?

Ответ. Следует выполнять, как правило, из алюминиевых и сталеалюминиевых проводов, полос, труб и шин из профилей алюминия и алюминиевых сплавов электротехнического назначения (4.2.25).

Вопрос. Какие устройства должна предусматривать конструкция жесткой ошиновки?

Ответ. Должна предусматривать устройства для гашения вибрации шин и компенсирующие устройства для предотвращения передачи механических усилий на контактные выводы аппаратов и опорные изоляторы от температурных деформаций и неравномерной осадки опорных конструкций (4.2.25).

Вопрос. Какой блокировкой должны быть оборудованы РУ?

Ответ. Должны быть оборудованы оперативной блокировкой неправильных действий при переключениях в электроустановках (сокращенно – оперативной блокировкой), предназначенной для предотвращения неправильных действий с разъединителями, заземляющими ножами, отделителями и короткозамыкателями (4.2.27).

Вопрос. Что должна исключать оперативная блокировка?

Ответ. Должна исключать:

подачу напряжения разъединителем на участок электрической схемы, заземленной включенным заземлителем (заземляющим ножом), а также на участок электрической схемы, отделенной от включенных заземлителей только выключателем;

включение заземлителя на участке схемы, не отделенном разъединителем от других участков, которые могут быть как под напряжением, так и без напряжения;

отключение и включение разъединителем токов нагрузки.

Оперативная блокировка в схеме с последовательным соединением разъединителя с отделителем должна обеспечивать включение ненагруженного трансформатора разъединителем, а отключение – отделителем (4.2.27).

Вопрос. Какими заземлителями должны быть оборудованы РУ и ПС?

Ответ. Должны быть оборудованы, как правило, стационарными заземлителями, обеспечивающими в соответствии с требованиями безопасности заземление аппаратов и ошиновки.

В РУ 3 кВ и выше стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение (4.2.28).

Вопрос. Что должно быть предусмотрено для исключения травмирования персонала при ошибочном включении линейных разъединителей и наличии на линии напряжения?

Ответ. На заземлителях линейных разъединителей со стороны линии следует, как правило, иметь привод с дистанционным управлением, а в ячейках КРУЭ, кроме того, рекомендуется иметь быстродействующие заземлители (4.2.28).

Вопрос. В каких случаях предусматривается применение переносных защитных заземлений?

Ответ. Предусматривается в следующих случаях:

при работе на линейных разъединителях и на оборудовании, расположенном со стороны ВЛ до линейного разъединителя;

на участках схемы, где заземлители установлены отдельно от разъединителей, на время ремонта заземлителей;

для защиты от наведенного напряжения (4.2.28).

Вопрос. Какую высоту должны иметь сетчатые и смешанные ограждения токоведущих частей и электрооборудования?

Ответ. Должны иметь высоту над уровнем планировки для ОРУ и открыто установленных трансформаторов 2 или 1,6 м, а над уровнем пола для ЗРУ и трансформаторов, установленных внутри здания, – 1,9 м; сетки должны иметь отверстия размером не более 25×25 мм, а также приспособления для запирания их на замок. Нижняя кромка этих ограждений в ОРУ должна располагаться на высоте 0,1–0,2 м, а в ЗРУ – на уровне пола (4.2.29).

Вопрос. В каких местах допускается применение барьеров?

Ответ. Допускается при входе в камеры выключателей, трансформаторов и других аппаратов для их осмотра при наличии напряжения на токоведущих частях. Барьеры должны устанавливаться на высоте 1,2 м и быть съемными.

Применение барьеров в качестве единственного вида ограждения токоведущих частей недопустимо (4.2.29).

Вопрос. Что необходимо предусмотреть для отбора проб масла трансформатора (аппарата)?

Ответ. Необходимо, чтобы расстояние от уровня пола или поверхности земли до крана трансформатора или аппарата было не менее 0,2 м или должен быть предусмотрен соответствующий приямок (4.2.30).

Вопрос. Чем должны быть оборудованы РУ и ПС?

Ответ. Должны быть оборудованы электрическим освещением (4.2.33), а также телефонной и другими видами связи в соответствии с принятой системой обслуживания (4.2.34).

Вопрос. Как должны быть выполнены размещение РУ и ПС, генеральный план и инженерная подготовка территории и защита их от затопления, оползней, лавин и т. п.?

Ответ. Должны быть выполнены в соответствии с требованиями действующих строительных норм и правил (4.2.35).

Вопрос. Каковы требования Правил к территории ПС и РУ?

Ответ. Территория ПС должна быть ограждена внешним забором в соответствии с требованиями норм технологического проектирования ПС.

На территории ПС следует ограждать ОРУ и силовые трансформаторы внутренним забором высотой 1,6 м.

ОРУ разных напряжений и силовые трансформаторы должны иметь общее ограждение.

Заборы могут не предусматриваться для закрытых ПС, а также для столбовых, мачтовых и комплектных ПС наружной установки с высшим напряжением до 35 кВ при условии соблюдения требований п. 4.2.132 Правил (4.2.41).

Открытые распределительные устройства

Вопрос. Как должны выполняться соединения гибких проводов в пролетах, в петлях у опор, присоединения в пролете и к аппаратным зажимам?

Ответ. Должны выполняться опрессовкой с помощью соединительных зажимов, а соединения в петлях у опор, присоединение ответвлений в пролете и присоединение к аппаратным зажимам – опрессовкой или сваркой. Пайка и скрутка проводов не допускается.

Болтовые соединения допускаются только на зажимах аппаратов и на ответвлениях к разрядникам, ОПН, конденсаторам связи и ТН, а также для временных установок, для которых применение неразъемных соединений требует большого объема работ по перемонтажу шин (4.2.46).

Вопрос. Как следует выполнять соединения шин в пролетах?

Ответ. Соединения жестких шин следует выполнять сваркой, а соединения шин соседних пролетов следует выполнять с помощью компенсирующих устройств, присоединяемых к шинам, как правило, сваркой. Допускается присоединение компенсирующих устройств к пролетам с помощью болтовых соединений.

Ответвления от жестких шин могут выполняться как гибкими, так и жесткими, а присоединение их к пролетам следует выполнять, как правило, сваркой. Присоединение с помощью болтовых соединений разрешается только при обосновании (4.2.47).

Вопрос. Как должны располагаться ответвления от сборных шин ОРУ?

Ответ. Должны, как правило, располагаться ниже сборных шин.

Подвеска ошиновки одним пролетом над двумя и более секциями или системами сборных шин не допускается (4.2.48).

Вопрос. Как должны определяться нагрузки на шины и конструкции от ветра и гололеда, а также расчетные температуры воздуха?

Ответ. Должны определяться в соответствии с требованиями строительных норм и правил. При этом прогиб жестких шин не должен превышать 1/80 длины пролета.

При определении нагрузок на конструкции дополнительно следует учитывать вес человека с инструментами и монтажными приспособлениями при применении:

натяжных гирлянд изоляторов – 2,0 кН;

поддерживающих гирлянд – 1,5 кН;

опорных изоляторов – 1,0 кН (4.2.49).

Вопрос. Каким следует принимать коэффициент запаса прочности при нагрузках?

Ответ. Следует принимать:

для гибких шин – не менее 3 по отношению к их временному сопротивлению разрыва;

для подвесных изоляторов – не менее 4 по отношению к гарантированной минимальной разрушающей нагрузке целого 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 (4.2.51).

Вопрос. Какими следует принимать 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?

Ответ. Следует принимать по табл. 4.2.5 настоящей главы Правил (4.2.54).

Вопрос. Какими должны быть наименьшие расстояния от токоведущих частей и изоляторов, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений?

Ответ. Должны быть:

по горизонтали – не менее размеров, указанных в табл. 4.2.5 Правил с учетом высоты ограждения (1,6 или 2 м);

по вертикали – не менее размеров, указанных в табл. 4.2.5 Правил, отмеряемых в плоскости ограждения от точки, расположенной на высоте 2,7 м от земли (4.2.57).

Вопрос. На какой высоте должны быть расположены неогражденные токоведущие части, соединяющие конденсатор устройств ВЧ связи, телемеханики и защиты с фильтром?

Ответ. Должны быть расположены на высоте не менее 2,5 м (4.2.58).

Вопрос. Допускается ли прокладка воздушных осветительных линий, воздушных линий связи и цепей сигнализации над и под токоведущими частями ОРУ?

Ответ. Такая прокладка указанных линий и цепей не допускается (4.2.64).

Вопрос. Какими должны быть расстояния от складов водорода до ОРУ, трансформаторов, синхронных компенсаторов?

Ответ. Должны быть не менее 50 м; до опор ВЛ – не менее 1,5 высоты опоры; до зданий ПС при количестве хранимых на складе баллонов до 500 шт. – не менее 20 м, свыше 500 шт. – не менее 25 м; до внешней ограды ПС – не менее 5,5 м (4.2.65).

Вопрос. Какими должны быть расстояния от открыто установленных электротехнических устройств до водоохладителей ПС?

Ответ. Должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.6 настоящей главы Правил. Для реконструируемых объектов приведенные в табл. 4.2.6 расстояния допускается уменьшать, но не более чем на 25 % (4.2.66).

Вопрос. Какими должны быть противопожарные расстояния от маслонаполненного оборудования с массой масла в единице оборудования 60 кг и более до производственных зданий с категорией помещения В1–В2, Г и Д, а также до жилых и общественных зданий?

Ответ. Должны быть не менее:

16 м – при степени огнестойкости этих зданий I и II;

20 м – при степени III;

24 м – при степени IV и V (4.2.68).

Вопрос. С соблюдением каких требований должны быть выполнены маслоприемники, маслоотводы и маслосборники для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных силовых трансформаторов (реакторов) с количеством масла более 1 т в единице?

Ответ. Должны быть выполнены с соблюдением следующих требований:

габариты маслоприемника должны выступать за габариты трансформатора (реактора) не менее чем на 0,6 м при массе масла до 2 т; 1 м при массе от 2 до 10 т; 1,5 м при массе от 10 до 50 т; 2 м при массе более 50 т. При этом габарит маслоприемника может быть принят меньше на 0,5 м со стороны стены или перегородки, располагаемой от трансформатора (реактора) на расстоянии менее 2 м;

объем маслоприемника с отводом масла следует рассчитывать на единовременный прием 100 % объема масла, залитого в трансформатор (реактор). Объем маслоприемника без отвода масла следует рассчитывать на прием 100 % объема масла, залитого в трансформатор (реактор), и 80 % воды от средств пожаротушения из расчета орошения площадей маслоприемника и боковых поверхностей трансформатора (реактора) с интенсивностью 0,2 л/с·м^2 в течение 30 мин;

устройство маслоприемников и маслоотводов должно исключать переток масла (воды) из одного маслоприемника в другой, растекание масла по кабельным и другим подземным сооружениям, распространение пожара, засорение маслоотвода и забивку его снегом, льдом и т. п.;

маслоприемники под трансформаторы (реакторы) с объемом масла до 20 т допускается выполнять без отвода масла. Маслоприемники без отвода масла должны выполняться заглубленной конструкции и закрываться металлической решеткой, поверх которой должен быть насыпан слой чистого гравия или промытого гранитного щебня толщиной не менее 0,25 м либо непористого щебня другой породы с частицами от 30 до 70 мм. Уровень полного объема масла в маслоприемнике должен быть ниже решетки не менее чем на 50 мм;

маслоприемники с отводом масла могут выполняться: с установкой металлической решетки на маслоприемнике, поверх которой насыпан гравий или щебень толщиной слоя 0,25 м; без металлической решетки с засыпкой гравия на дно маслоприемника толщиной слоя не менее 0,25 м. Незаглубленный маслоприемник следует выполнять в виде бортовых ограждений маслонаполненного оборудования. Высота бортовых ограждений должна бать не более 0,5 м над уровнем окружающей планировки. Дно маслоприемника должно иметь уклон не менее 0,005 в сторону приямка и быть засыпано чистым промытым гранитным (либо другой непористой породы) гравием или щебнем фракцией от 30 до 70 мм. Толщина засыпки должна быть не менее 0,25 м. Допускается не производить засыпку дна маслоприемников по всей площади гравием. При этом на системах отвода масла от трансформаторов (реакторов) следует предусматривать установку огнепреградителей;

при установке маслонаполненного электрооборудования на железобетонном перекрытии здания (сооружения) устройство маслоотвода является обязательным;

маслоотводы должны обеспечивать отвод из маслоприемника масла и воды, применяемой для тушения пожара, автоматическими стационарными устройствами и гидрантами на безопасное в пожарном отношении расстояние от оборудования и сооружений: 50 % масла и полное количество воды должны удаляться не более чем за 0,25 ч;

маслосборники должны предусматриваться закрытого типа и должны вмещать полный объем масла единичного оборудования (трансформаторов, реакторов), содержащего наибольшее количество масла, а также 80 % общего (с учетом 30-минутного запаса) расхода воды от средств пожаротушения. Маслосборники должны оборудоваться сигнализацией о наличии воды с выводом сигнала на щит управления. Внутренние поверхности маслоприемника, ограждений маслоприемника и маслосборника должны быть защищены маслостойким покрытием (4.2.69).

Вопрос. Где должны быть расположены КРУН и КТП наружной установки?

Ответ. Должны быть расположены на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки с выполнением около шкафов площадки для обслуживания. В районах с высотой расчетного снежного покрова 1,0 м и выше и продолжительностью его залегания не менее 1 месяца рекомендуется установка КРУН и КТП наружной установки на высоте не менее 1 м.

Расположение устройства должно обеспечивать удобные выкатывание и транспортировку трансформаторов и выкатной части ячеек (4.2.71).

Биологическая защита от воздействия электрических и магнитный полей

Вопрос. Какими решениями и мерами в ОРУ 330 кВ и выше должны обеспечиваться допустимые уровни напряженности электрического поля в зонах пребывания обслуживающего персонала?

Ответ. Должны обеспечиваться, как правило, конструктивно-компоновочными решениями с использованием стационарных и инвентарных экранирующих устройств. Напряженность электрического поля в этих

зонах следует определять по результатам измерений в ОРУ с идентичными конструктивно-компоновочными решениями или расчетным путем (4.2.74).

Вопрос. Какие меры необходимы на ПС и в ОРУ напряжением 330 кВ и выше для снижения воздействия электрического поля на персонал?

Ответ. Для этого необходимо:

применять металлоконструкции ОРУ из оцинкованных, алюминированных или алюминиевых элементов;

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 электрического поля) (4.2.75).

Вопрос. Что следует предпринять на ПС и в ОРУ 330 кВ и выше для снижения уровня напряженности электрического поля?

Ответ. Следует исключать соседство одноименных фаз в смежных ячейках (4.2.76).

Вопрос. Где следует размещать производственные и складские здания на ПС напряжением 330 кВ и выше?

Ответ. Следует размещать вне зоны влияния электрического поля. Допускается их размещение в этой зоне при обеспечении экранирования подходов к входам в эти здания. Экранирование подходов, как правило, не требуется, если вход в здание, расположенное в зоне влияния, находится с внешней стороны по отношению к токоведущим частям (4.2.77).

Вопрос. Каковы требования Правил к расположению токоограничивающих реакторов и выключателей?

Ответ. Они не должны располагаться в соседних ячейках РУ 6–10 кВ.

При невозможности обеспечения этого требования между ячейками токоограничивающих реакторов и выключателей должны устанавливаться стационарные ферромагнитные экраны (4.2.79).

Закрытые распределительные устройства и подстанции

Вопрос. Какие устройства следует предусматривать в помещениях ЗРУ 35–220 кВ и в закрытых камерах трансформаторов?

Ответ. Следует предусматривать стационарные устройства или возможность применения передвижных либо инвентарных грузоподъемных устройств для механизации ремонтных работ и технического обслуживания оборудования.

В помещениях с КРУ следует предусматривать площадку для ремонта и наладки выкатных элементов. Ремонтная площадка должна быть оборудована средствами для опробования приводов выключателей и систем управления (4.2.82).

Вопрос. В каких помещениях следует размещать РУ разных классов напряжений?

Ответ. Следует размещать, как правило, в отдельных помещениях. Это требование не распространяется на КТП 35 кВ и ниже, а также на КРУЭ.

Допускается размещать РУ до 1 кВ в одном помещении с РУ выше 1 кВ при условии, что они будут эксплуатироваться одной организацией (4.2.83).

Вопрос. В каких местах не допускается размещать трансформаторные помещения и ЗРУ?

Ответ. Не допускается размещать:

под помещением производств с мокрым технологическим процессом, под душевыми, ванными и т. п.;

непосредственно над и под помещениями, в которых в пределах площади, занимаемой РУ или трансформаторными помещениями, одновременно может находиться более 50 человек в период более 1 ч. Это требование не распространяется на трансформаторные помещения с трансформаторами сухими или с негорючим наполнением, а также РУ для промышленных предприятий (4.2.85).

Вопрос. Какими должны быть расстояния в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз, от неизолированных токоведущих частей до заземленных конструкций и ограждений, пола и земли, а также между неогражденными токоведущими частями разных цепей?

Ответ. Должны быть не менее значений, приведенных в табл. 4.2.7 Правил (4.2.86).

Вопрос. Каковы требования Правил к неизолированным токоведущим частям в отношении электробезопасности?

Ответ. Они должны быть защищены от случайных прикосновений (помещены в камеры, ограждены сетками и т. п.).

При расположении неизолированных токоведущих частей вне камер они должны быть ограждены. Высота прохода под ограждением должна быть не менее 1,9 м.

Применение барьеров в огражденных камерах не допускается (4.2.88).

Вопрос. Какие меры безопасности при обслуживании должна обеспечивать ширина коридора обслуживания?

Ответ. Должна обеспечивать удобное обслуживание установки и перемещение оборудования, причем она должна быть не менее (считая в свету между ограждениями): 1 м – при одностороннем расположении оборудования; 1,2 м – при двухстороннего расположении оборудования.

В коридоре обслуживания, где находятся приводы выключателей или разъединителей, указанные размеры должны быть увеличены соответственно до 1,5 и 2 м. При длине коридора до 7 м допускается уменьшение ширины коридора при двустороннем обслуживании до 1,8 м (4.2.90).

Вопрос. Исходя из каких требований необходимо определять ширину коридора обслуживания при установке КРУ и КТП в отдельных помещениях?

Ответ. Необходимо определять, исходя из следующих требований:

при однорядной установке – длина наибольшей из тележек КРУ (со всеми выступающими частями) плюс не менее 0,6 м;

при двухрядной установке – длина наибольшей из тележек КРУ (со всеми выступающими частями) плюс не менее 0,8 м.

При наличии коридора с задней стороны КРУ и КТП для их осмотра ширина его должна быть не менее 0,8 м; допускаются отдельные местные сужения не более чем на 0,2 м (4.2.91).

Вопрос. Как должна определяться ширина свободного прохода при открытой установке КРУ и КТП в производственных помещениях?

Ответ. Должна определяться расположением производственного оборудования, обеспечивать возможность транспортирования наиболее крупных элементов КРУ и КТП и в любом случае она должна быть не менее 1 м (4.2.91).

Вопрос. Какой должна быть высота помещения?

Ответ. Должна быть не менее высоты КРУ, КТП, считая от шинных вводов, перемычек или выступающих частей шкафов, плюс 0,8 м до потолка или 0,3 м до балок (4.2.91).

Вопрос. Исходя из каких требований следует выполнять выходы из РУ?

Ответ. Необходимо выполнять, исходя из следующих требований:

при длине РУ до 7 м допускается один выход;

при длине РУ более 7 м до 60 м должны быть предусмотрены два выхода по его концам; допускается располагать выходы из РУ на расстоянии до 7 м от его торцов;

при длине РУ более 60 м, кроме выходов по его концам, должны быть предусмотрены дополнительные выходы с таким расчетом, чтобы расстояние от любой точки коридора обслуживания до выхода было не более 30 м.

Выходы из РУ могут быть выполнены наружу, на лестничную клетку или в другое производственное помещение категории Г или Д, а также в другие отсеки РУ, отделенные от данного противопожарной дверью II степени огнестойкости. В многоэтажных РУ второй и дополнительные выходы могут быть предусмотрены также на балкон с наружной пожарной лестницей.

Ворота камер с шириной створки более 1,5 м должны иметь калитку, если они используются для выхода персонала (4.2.94).

Вопрос. Как рекомендуется выполнять полы помещений РУ?

Ответ. 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, как правило, не допускается (4.2.95).

Вопрос. Каковы требования Правил к дверям РУ?

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

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

Двери между помещениями (отсеками) РУ разных напряжений должны открываться в сторону РУ с низшим напряжением.

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

Требования о применении самозапирающихся замков не распространяется на РУ городских и сельских распределительных электрических сетей напряжением 10 кВ и ниже (4.2.96).

Вопрос. Сколько масляных трансформаторов можно устанавливать в одном помещении РУ напряжением от 0,4 кВ и выше?

Ответ. Допускается установка до двух масляных трансформаторов мощностью каждый до 0,63 МВ·А, отделенных друг от друга и от остальной части помещения РУ перегородкой из негорючих материалов с пределом огнестойкости 45 мин, высотой не менее высоты трансформатора, включая вводы высшего напряжения (4.2.98).

Вопрос. Допускается ли устанавливать в общей камере аппараты, относящиеся к пусковым устройствам электродвигателей, синхронных компенсаторов и т. п. (выключатели, пусковые реактор, трансформаторы и т. п.) без перегородок между ними?

Ответ. Такая установка пусковых аппаратов допускается (4.2.99).

Вопрос. В каких камерах РУ допускается устанавливать ТН независимо от массы содержащегося в них масла?

Ответ. Допускается устанавливать в огражденных камерах РУ. При этом в камере должен быть предусмотрен порог или пандус, рассчитанный на удержание полного объема масла, содержащегося в ТН (4.2.100).

Вопрос. В каких случаях допустимо не выполнять маслосборные устройства?

Ответ. Маслосборные устройства не выполняются в закрытых отдельно стоящих, пристроенных и встроенных в производственные помещения ПС, в камерах трансформаторов и других маслонаполненых аппаратов с массой масла в одном баке до 600 кг при расположении камер на первом этаже с дверями, выходящими наружу (4.2.102).

Вопрос. Как должны выполняться маслоприемники при сооружении камер над подвалом, на втором этаже и выше, а также при устройстве выхода из камер в коридор под трансформаторами и другими маслонаполненными аппаратами?

Ответ. Должны выполняться по одному из следующих способов.

При массе масла в одном баке (полюсе) до 60 кг выполняется порог или пандус для удержания полного объема масла.

При массе масла от 60 до 600 кг под трансформатором (аппаратом) выполняется маслоприемник, рассчитанный на полный объем масла, либо у выхода из камеры – порог или пандус для удержания полного объема масла.

При массе масла более 600 кг:

маслоприемник, вмещающий не меньше 20 % полного объема масла трансформатора или аппарата, с отводом масла в маслосборник. Маслоотводные трубки от маслоприемников под трансформаторами должны иметь диаметр не менее 10 см. Со стороны маслоприемников маслоотводные трубки должны быть защищены сетками. Дно маслоприемника должно иметь уклон 2 % в сторону приямка;

маслоприемник без отвода масла в маслосборник. В этом случае маслоприемник должен быть перекрыт решеткой со слоем толщиной 25 см чистого промытого гранитного (либо другой непористой породы) гравия или

щебня фракцией от 30 до 70 мм и должен быть рассчитан на полный объем масла; уровень масла должен быть на 5 см ниже решетки. Верхний уровень гравия в маслоприемнике под трансформатором должен быть на 7,5 см ниже отверстия воздухоподводящего вентиляционного канала. Площадь маслоприемника должна быть больше площади основания трансформатора или аппарата (4.2.103).

Вопрос. Каким образом должна быть выполнена вентиляция помещений трансформаторов?

Ответ. Должна быть выполнена таким образом, чтобы разность температур воздуха, выходящего из помещения и входящего в него, не превосходила:

15 °С – для трансформаторов;

30 °С – для реакторов на токи до 1000 А;

20 °С – для реакторов на токи более 1000 А (4.2.104).

Вопрос. Какой вентиляцией должны быть оборудованы помещения РУ, содержащие оборудование, заполненное маслом, элегазом или компаундом?

Ответ. Должны быть оборудованы вытяжной вентиляцией, включаемой извне и не связанной с другими вентиляционными устройствами.

В местах с низкими зимними температурами приточные и вытяжные вентиляционные отверстия должны быть снабжены утепленными клапанами, открываемыми извне (4.2.106).

Вопрос. Какая температура воздуха должна быть обеспечена в помещениях, в которых дежурный персонал находится 6 ч и более?

Ответ. Должна быть обеспечена температура воздуха не ниже +18 °С и не выше +28 °С.

В ремонтной зоне ЗРУ на время проведения ремонтных работ должна быть обеспечена температура не ниже +5 °С (4.2.107).

Вопрос. Какие обогревательные приборы не должны применяться при обогреве помещений, в которых имеется элегазовое оборудование?

Ответ. Не должны применяться обогревательные приборы с температурой нагревательной поверхности, превышающей 250 °С (например, нагреватели типа ТЭН) (4.2.107).

Вопрос. Из какого материала должны быть выполнены перекрытия кабельных каналов и двойных полов?

Ответ. Должны быть выполнены съемными плитами из несгораемых материалов вровень с чистым полом помещения. Масса отдельной плиты перекрытия должна быть не более 50 кг (4.2.110).

Вопрос. Допускается ли прокладка в камерах аппаратов и трансформаторов транзитных кабелей и проводов?

Ответ. Такая прокладка, как правило, не допускается. В исключительных случаях допускается прокладка в трубах (4.2.111).

Вопрос. При каком условии допускается прокладка в помещения РУ относящихся к ним (не транзитных) трубопроводов отопления?

Ответ. Допускается при условии применения цельных сварных труб без вентилей и т. п., а вентиляционных сварных коробов – без задвижек и других подобных устройств. Допускается также транзитная прокладка трубопроводов отопления при условии, что каждый трубопровод заключен в сплошную водонепроницаемую оболочку (4.2.112).

Внутрицеховые распределительные устройства и трансформаторные подстанции

Вопрос. Где могут размещаться внутрицеховые РУ и ПС?

Ответ. РУ и ПС с маслонаполненным оборудованием могут размещаться на первом и втором этажах в основных и вспомогательных помещениях производств, которые согласно противопожарным требованиям отнесены к категории Г или Д, в зданиях I или II степени огнестойкости как открыто, так и в отдельных помещениях.

РУ и ПС без маслонаполненного оборудования могут размещаться в помещениях с производствами категории В по противопожарным требованиям (4.2.115).

Вопрос. Какие трансформаторы могут быть установлены на ПС?

Ответ. Могут быть установлены сухие, с негорючим экологически чистым диэлектриком или масляные трансформаторы (4.2.115).

Вопрос. Какой предел огнестойкости должны иметь ограждающие конструкции помещений ПС и закрытых камер с масляными трансформаторами и аппаратами, а также РУ с масляными выключателями с массой масла в одном полюсе (баке) 60 кг и более?

Ответ. Должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч, а сами помещения и камеры могут быть пристроены или встроены в здании I или II степени огнестойкости.

Строительные конструкции помещений РУ с масляными выключателями в одном полюсе (баке) менее 60 кг должны иметь предел огнестойкости не менее 0,25 ч. Такие помещения разрешается пристраивать или встраивать в здания степени огнестойкости I и II.

В здания степени огнестойкости IIа такие помещения допускается пристраивать или встраивать, если эти помещения имеют непосредственный выход наружу, и если наружные стены этого помещения на высоту 4 м или до покрытия здания выполнены из негорючего материала или отделены негорючим козырьком, выступающим за плоскость стены не менее чем на 1 м (4.2.117).

Вопрос. Каким требованиям должны отвечать внутрицеховые, пристроенные и встроенные ПС, в том числе КТП, установленные в отдельном помещении или открыто в производственном помещении?

Ответ. Должны отвечать следующим требованиям:

ПС (в том числе КТП) с масляными трансформаторами и закрытые камеры с масляными трансформаторами разрешается устанавливать только на первом этаже основных и вспомогательных помещений производств, отнесенных к категории Г и Д, в зданиях I или II степени огнестойкости. При этом в одном помещении допускается устанавливать масляные трансформаторы с суммарной массой масла не более 6,5 т, а на каждой открыто установленной КТП могут быть применены масляные трансформаторы с суммарной массой масла не более 3,0 т;

расстояния между отдельными помещениями разных ПС или между закрытыми камерами масляных трансформаторов не нормируются;

ограждающие конструкции помещения внутрицеховой или встроенной ПС, в которой устанавливаются КТП с масляными трансформаторами,

а также закрытых камер масляных трансформаторов должны быть выполнены из негорючих материалов и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч;

для ПС с сухими трансформаторами или с негорючим экологически чистым диэлектриком единичная или суммарная мощность трансформаторов, их количество, расстояния между ними, расстояния между ПС, этаж установки не ограничиваются (4.2.118).

Вопрос. Как следует размещать КТП и КРУ с учетом работы цеховых подъемно-транспортных механизмов?

Ответ. Как правило, их следует размещать в пределах «мертвой зоны» работы таких механизмов. При расположении ПС и РУ в непосредственной близости от путей проезда внутрицехового транспорта, движения подъемно-транспортных механизмов должны быть приняты меры для защиты ПС и РУ от случайных повреждений (отбойные устройства, световая сигнализация и т. п.) (4.2.121).

Комплектные, столбовые мачтовые трансформаторные подстанции и сетевые секционирующие пункты

Вопрос. Особенности каких подстанций отражают требования настоящей главы Правил?

Ответ. Отражают особенности ПС наружной установки: КТП, СТП, МТП с высшим напряжением до 35 кВ и низшим напряжением до 1 кВ, а также сетевых секционирующих пунктов (ССП) напряжением до 35 кВ (4.2.122).

Вопрос. При помощи каких аппаратов должно осуществляться присоединение трансформатора к сети высшего напряжения?

Ответ. Должно осуществляться при помощи предохранителей и разъединителя (выключателя нагрузки) или комбинированного аппарата «предохранитель-разъединитель» с видимым разрывом цепи.

Коммутационный аппарат должен иметь заземлители со стороны трансформатора (4.2.123).

Вопрос. На какой опоре должен устанавливаться коммутационный аппарат МТП и СТП?

Ответ. Как правило, должен устанавливаться на концевой (или ответвительной) опоре ВЛ.

Коммутационный аппарат КТП и ССП может устанавливаться как на концевой (ответвительной) опоре ВЛ, так и внутри КТП и ССП (4.2.124).

Вопрос. Какое приспособление должно быть устроено для обслуживания МТП?

Ответ. На высоте не менее 3 м должна быть устроена площадка с перилами. Для подъема на площадку рекомендуется применять лестницы с устройством, запрещающим подъем по ней при включенном коммутационном аппарате.

Для СТП устройство площадок и лестниц не обязательно (4.2.126).

Вопрос. Какой аппарат рекомендуется устанавливать со стороны низшего напряжения трансформатора?

Ответ. Рекомендуется устанавливать аппарат, обеспечивающий видимый разрыв (4.2.128).

Вопрос. Каким должно быть освещение, а также розетки для включения переносных приборов и инструментов на подстанциях мощностью более 0,25 МВ·А?

Ответ. Должны иметь питание напряжением не выше 25 В (4.2.130).

Вопрос. На каком расстоянии от зданий должны быть расположены ПС по условиям пожарной безопасности?

Ответ. Должны быть расположены на расстоянии не менее 3 м от зданий I, II, III степеней огнестойкости и 5 м от зданий IV и V степеней огнестойкости (4.2.131).

Вопрос. Чем должны быть защищены подстанции в местах возможного наезда транспорта?

Ответ. Должны быть защищены отбойными тумбами (4.2.132).

Защита от грозовых перенапряжений

Вопрос. Какими молниеотводами осуществляется защита РУ и ПС от грозовых перенапряжений?

Ответ. Защита осуществляется:

от прямых ударов молнии – стержневыми и тросовыми молниеотводами;

от набегающих волн с отходящих линий – молниеотводами от прямых ударов молнии на определенной длине этих линий, а также защитными аппаратами, устанавливаемыми на подходах и в РУ. К ним относятся РВ, ОПН, РТ и ИП.

ОПН, остающиеся напряжения которых при номинальном разрядном токе не более чем на 10 % ниже остающегося напряжения РВ или среднего пробивного напряжения РТ или ИП, называются далее соответствующими (4.2.133).

Вопрос. От каких грозовых перенапряжений должны быть защищены открытые РУ и ПС 20–750 кВ?

Ответ. Должны быть защищены от прямых ударов молнии. Выполнение защиты от прямых ударов молнии не требуется для ПС 20 и 35 кВ с трансформаторами единичной мощностью 1,6 МВ·А и менее независимо от количества таких трансформаторов и от числа грозовых часов в году, для всех ОРУ ПС 20 и 35 кВ в районах с числом грозовых часов в году не более 20, а также для ОРУ и ПС 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 (4.2.134).

Вопрос. В каких случаях следует защищать здания закрытых РУ и ПС от прямых ударов молнии?

Ответ. Следует защищать в районах с числом грозовых часов в году более 20 (4.2.134).

Вопрос. Как следует выполнять защиту зданий закрытых РУ и ПС, имеющих металлические покрытия кровли?

Ответ. Следует выполнять заземлением этих покрытий. При наличии железобетонной кровли и непрерывной электрической связи отдельных ее элементов защита выполняется заземлением ее арматуры (4.2.134).

Вопрос. Как следует выполнять защиту зданий закрытых РУ и ПС, крыша которых не имеет металлических или железобетонных покрытий с непрерывной электрической связью отдельных ее элементов?

Ответ. Следует выполнять стержневыми молниеотводами либо укладкой молниеприемной сетки непосредственно на крыше зданий.

При установке стержневых молниеотводов на защищаемом здании от каждого молниеотвода должно быть проложено не менее двух токоотводов по противоположным сторонам здания (4.2.134).

Вопрос. Что следует использовать в качестве токоотводов?

Ответ. 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. Металлические элементы здания (трубы, вентиляционные устройства и др.) следует соединять с металлической кровлей или молниеприемной сеткой (4.2.134).

Вопрос. Как должна быть выполнена защита ОРУ 35 кВ и выше от прямых ударов молнии?

Ответ. Должна быть выполнена отдельно стоящими или установленными на конструкциях стержневыми молниеотводами. Рекомендуется использовать защитные действия высоких объектов, которые являются молниеприемниками (опоры ВЛ, прожекторные мачты, радиомачты и т. п.)

От стоек конструкций ОРУ 35 кВ и выше с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистрали заземления не менее чем в двух направлениях с углом не менее 90° между соседними. Кроме того, должно быть установлено не менее одного вертикального электрода длиной 3–5 м на каждом направлении, на расстоянии не менее длины электрода от места присоединения к магистрали заземления стойки с молниеотводом (4.2.135).

Вопрос. Какое количество изоляторов должны иметь гирлянды подвесной изоляции на порталах ОРУ 20 и 35 кВ с тросовыми или стержневыми молниеотводами, а также на концевых опорах ВЛ?

Ответ. Должны иметь следующее количество изоляторов:

на порталах ОРУ с молниеотводами: не менее шести изоляторов при расположении РВ или соответствующих им по уровню остающихся напряжений ОПН не далее 15 м по магистрали заземляющего устройства от места присоединения к нему; не менее семи изоляторов в остальных случаях;

на концевых опорах: не менее семи изоляторов при подсоединении к порталам троса ПС; не менее восьми изоляторов, если трос не заходит на конструкции ПС и при установке на концевой опоре стержневого молниеотвода (4.2.135).

Вопрос. Каким должно быть расстояние в земле между точкой заземления молниеотвода и точкой заземления нейтрали или бака трансформатора?

Ответ. Должно быть не менее 3 м (4.2.135).

Вопрос. При соблюдении каких условий могут устанавливаться молниеотводы на трансформаторных порталах, порталах шунтирующих реакторов и конструкциях ОРУ?

Ответ. Могут устанавливаться при удалении от трансформаторов или реакторов по магистрали заземления на расстоянии 15 м при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон не более 350 Ом·м и при соблюдении следующих условий:

непосредственно на всех выводах обмоток 3–35 кВ трансформаторов или на расстоянии не более 5 м от них по ошиновке, включая ответвления к защитным аппаратам, должны быть установлены соответствующие ОПН 3–35 кВ или РВ;

должно быть обеспечено растекание тока молнии от стойки конструкции с молниеотводом по трем-четырем направлениям с углом не менее 90° между ними;

на каждом направлении, на расстоянии 3–5 м от стойки с молниеотводом, должно быть установлено по одному вертикальному электроду длиной 5 м;

на ПС с высшим напряжением 20 и 35 кВ при установке молниеотвода на трансформаторном портале сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом без учета заземлителей, расположенных вне контура заземления ОРУ;

заземляющие проводники РВ или ОПН и силовых трансформаторов рекомендуется присоединять к заземляющему устройству ПС поблизости один от другого или выполнять их так, чтобы место присоединения РВ или ОПН к заземляющему устройству находилось между точками присоединения заземляющих проводников портала с молниеотводом и трансформатора. Заземляющие проводники измерительных ТТ необходимо присоединить к заземляющему устройству РУ в наиболее удаленных от заземления РВ или ОПН местах (4.2.136).

Вопрос. Как следует выполнять защиту от прямых ударов молнии ОРУ, на конструкциях которых установка молниеотводов не допускается или нецелесообразна по конструктивным соображениям?

Ответ. Следует выполнять отдельно стоящими молниеотводами, имеющими обособленные заземлители с сопротивлением не более 80 Ом при импульсном токе 60 кА (4.2.137).

Вопрос. Каковы требования к выполнению заземления в ОРУ (ПС) 110–220 кВ?

Ответ. Тросовые молниеотводы ВЛ 110 кВ и выше, как правило, следует присоединять к заземленным конструкциям ОРУ (ПС).

От стоек конструкций ОРУ 110–220 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы, должны быть выполнены магистрали заземления не менее чем по двум-трем направлениям с углом не менее 90° между ними (4.2.138).

Вопрос. По какому количеству направлений должны быть выполнены магистрали заземления от стоек конструкций ОРУ 35 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы?

Ответ. 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 3–5 м на расстоянии не менее 5 м (4.2.138).

Вопрос. Каким должно быть сопротивление заземлителей ближайших к ОРУ опор ВЛ напряжением 35 кВ?

Ответ. Оно не должно превышать 10 Ом (4.2.138).

Вопрос. На конструкциях какого электрооборудования не допускается установка молниеотводов?

Ответ. Не допускается установка молниеотводов на конструкциях:

трансформаторов, к которым открытыми токопроводами присоединены вращающиеся машины;

опор открытых токопроводов, если к ним присоединены вращающиеся машины.

Указанные требования относятся и к случаям соединения открытых токопроводов с шинами РУ, к которым присоединены вращающиеся машины (4.2.140).

Вопрос. Что следует предпринять, если выполнение заземлителей с требуемыми сопротивлениями заземления оказывается невозможным?

Ответ. В этом случае должны быть применены горизонтальные заземлители, прокладываемые вдоль оси ВЛ от опоры к опоре (заземлители-противовесы) и соединяемые с заземлителями опор (4.2.142)

Вопрос. В каких районах допускается не выполнять защиту тросом подхода ВЛ 35 кВ к ПС 35 кВ с двумя трансформаторами мощностью до 1,6 МВ·А каждый, или с одним трансформатором мощностью до 1,6 МВ·А и наличием резервного питания?

Ответ. Допускается не выполнять в районах, имеющих не более 60 грозовых часов в году. При этом опоры подхода ВЛ к ПС на длине не менее 0,5 км должны иметь заземлители с сопротивлением, указанным в табл. 4.2.8 Правил (4.2.143).

Вопрос. В каких случаях на первой опоре подхода ВЛ 35–220 кВ к ПС, считая со стороны линии, должен быть установлен комплект трубчатых разрядников РТ1 или соответствующих защитных аппаратов?

Ответ. Должен быть установлен в следующих случаях:

линия по всей длине, включая подход, построена на деревянных опорах;

линия построена на деревянных опорах, подход к линии – на металлических или железобетонных опорах.

На подходах ВЛ 35 кВ на деревянных опорах к ПС 35 кВ защита выполняется по упрощенной схеме в соответствии с п. 4.2.155 Правил (4.2.144).

Вопрос. Чему должны быть равны сопротивления заземляющего устройства опор с РТ?

Ответ. 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 (4.2.144).

Вопрос. Какую защиту следует устанавливать на ВЛ 35–110 кВ, которые имеют защиту тросом не по всей длине и в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны?

Ответ. Следует устанавливать, как правило, комплект трубчатых разрядников РТ2 или соответствующих защитных аппаратов на входных порталах или на первой от ПС опоре того конца ВЛ, который может быть отключен. При наличии на отключенном конце ВЛ ТН вместо РТ2 должны быть установлены РВ или соответствующие ОПН (4.2.144).

Вопрос. В соответствии с какими требованиями должны быть выбраны РТ по току КЗ?

Ответ. Должны быть выбраны в соответствии со следующими требованиями:

для сетей до 35 кВ верхний предел тока, отключаемого РТ, должен быть не менее наибольшего действующего значения тока трехфазного КЗ в данной точке сети (с учетом апериодической составляющей), а нижний предел – не более наименьшего возможного в данной точке сети значения установившегося (без учета апериодической составляющей) тока двухфазного КЗ;

для сетей 110 кВ и выше верхний предел тока, отключаемого РТ, должен быть не менее наибольшего возможного эффективного значения тока однофазного КЗ в данной точке сети (с учетом апериодической составляющей), а нижний предел – не более наименьшего возможного в данной точке сети (без учета апериодической составляющей) тока однофазного или двухфазного КЗ (4.2.146).

Вопрос 133. Какие дополнительные защитные меры необходимы на ВЛ 3–35 кВ с деревянными опорами?

Ответ. В заземляющих спусках защитных промежутков следует выполнять дополнительные защитные промежутки, установленные на высоте не менее 2,5 м от земли. Рекомендуемые размеры защитных промежутков приведены в табл. 4.2.9 Правил (4.2.147).

Вопрос. С учетом каких характеристик следует выбирать РВ или ОПН?

Ответ. Следует выбирать с учетом координации их защитных характеристик с изоляцией защищаемого оборудования, соответствия наибольшего рабочего напряжения наибольшему рабочему напряжению сети с учетом высших гармоник и неравномерности распределения напряжения по поверхности, а также допустимых повышений напряжения в течение времени действия резервных РЗ при однофазном замыкании на землю, при одностороннем включении линии или переходном резонансе на высших гармониках (4.2.148).

Вопрос. Какими должны быть расстояния по шинам, включая ответвления, от разрядников до трансформаторов и другого оборудования?

Ответ. Должны быть не более указанных в табл. 4.2.10 – 4.2.13 Правил. При превышении указанных расстояний должны быть дополнительно установлены защитные аппараты на шинах или линейных присоединениях.

Наибольшие допустимые расстояния между РВ или ОПН и защищаемым оборудованием определяют исходя из числа линий и разрядников, включенных в нормальном режиме работы ПС (4.2.148).

Вопрос. Как должны быть установлены РВ или ОПН в цепях трансформаторов и шунтирующих реакторов?

Ответ. Должны быть установлены без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.

Защитные аппараты при нахождении оборудования под напряжением должны быть постоянно включены (4.2.149).

Вопрос. Что необходимо установить при присоединении трансформатора к РУ с помощью КЛ 110 кВ и выше?

Ответ. В месте присоединения кабеля к шинам РУ с ВЛ должен быть установлен комплект РВ или ОПН. Заземляющий зажим РВ или ОПН должен быть присоединен к металлическим оболочкам кабеля.

При длине кабеля больше удвоенного расстояния, указанного в табл. 4.2.10 – 4.2.13 Правил, РВ или ОПН с такими же остающимися напряжениями, как у защитного аппарата в начале кабеля, устанавливается у трансформатора (4.2.150).

Вопрос. Как должны быть соединены неиспользованные обмотки низшего и среднего напряжений силовых трансформаторов (автотрансформаторов), а также обмотки, временно отключенные от шин РУ в грозовой период?

Ответ. Должны быть соединены в звезду или треугольник и защищены РВ или ОПН, включенными между вводами каждой фазы и землей. Защита неиспользуемых обмоток низшего напряжения, расположенных первыми от магнитопровода, может быть выполнена заземлением одной из вершин треугольника, одной из фаз или нейтрали звезды либо установкой РВ или ОПН соответствующего класса напряжения на каждой фазе.

Защита неиспользуемых обмоток не требуется, если к ним постоянно присоединена КЛ длиной не менее 30 м, имеющая заземленную оболочку или броню (4.2.151).

Вопрос. Что следует устанавливать для защиты нейтралей обмоток 110–150 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью?

Ответ. Следует устанавливать ОПН, обеспечивающие защиту их изоляции и выдерживающие в течение нескольких часов квазиустановившиеся перенапряжения при обрыве фазы линии.

В нейтрали трансформатора, изоляция которой не допускает разземления, установка разъединителей не допускается (4.2.152).

Вопрос. Чем должны быть защищены РУ 3–20 кВ, к которым присоединены ВЛ?

Ответ. Должны быть защищены РВ или ОПН, установленными на шинах или у трансформаторов. В обоснованных случаях могут быть дополнительно установлены защитные емкости. РВ или ОПН в одной ячейке с ТН должен быть присоединен до его предохранителя (4.2.153).

Вопрос. Каковы допустимые расстояния от РВ и ОПН до защищаемого оборудования при применении воздушной связи трансформаторов с шинами РУ 3–20 кВ?

Ответ. Эти расстояния не должны превышать 60 м при ВЛ на деревянных опорах и 90 м при ВЛ на металлических опорах.

При присоединении трансформаторов к шинам кабелями расстояния от установленных на шинах РВ или ОПН до трансформаторов не ограничиваются (4.2.153).

Вопрос. Какие виды защитных аппаратов устанавливаются на ВЛ 3–20 кВ?

Ответ. На подходах таких ВЛ с деревянными опорами к ПС на расстоянии 200–300 м от ПС должен быть установлен комплект защитных аппаратов (РТ1). На ВЛ, которые в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, следует устанавливать защитные аппараты (РТ2) на конструкции ПС или на концевой опоре того конца ВЛ, который может быть длительно отключен. При мощности трансформатора до 0,63 МВ·А допускается не устанавливать трубчатые разрядники на подходах ВЛ 3–20 кВ с деревянными опорами.

На подходах к ПС ВЛ 3–20 кВ с металлическими и железобетонными опорами установка защитных аппаратов не требуется.

Защита ПС 3–20 кВ с низшим напряжением до 1 кВ, присоединенных к ВЛ 3–20 кВ, должна выполняться РВ или ОПН, устанавливаемыми со стороны высокого и низкого напряжения ПС.

В случае присоединения ВЛ 3–20 кВ к ПС с помощью кабельной вставки в месте присоединения кабеля к ВЛ должен быть установлен комплект РВ или ОПН.

Молниезащита токопроводов 3–20 кВ осуществляется как молниезащита ВЛ соответствующего класса напряжения (4.2.153).

Вопрос. Как выполняется защита кабелей?

Ответ. Кабели 35–110 кВ защищаются РВ III группы или РТ, а кабели напряжением 220 кВ – РВ II группы или соответствующими ОПН. При длине кабеля 1,5 км и более на ВЛ с металлическими и железобетонными опорами установка разрядников или ограничителей по концам кабеля не требуется (4.2.154).

Вопрос. По какой схеме допускается выполнять защиту ПС 35–110 кВ с трансформаторами мощностью до 40 МВ·А, присоединенных к ответвлениям протяженностью менее требуемой длины защищаемого подхода (см. табл. 4.2.8 и 4.2.10 Правил) от действующих ВЛ без троса?

Ответ. Допускается выполнять по упрощенной схеме, включающей:

РВ, устанавливаемые на ПС на расстоянии от силового трансформатора не более 10 м при использовании РВ III группы и не более 15 м при использовании РВ II группы. При этом расстояние от РВ до остального оборудования не должно превышать соответственно 50 и 75 м;

тросовые молниеотводы подхода к ПС на всей длине ответвления; при длине ответвления менее 150 м следует дополнительно защищать тросовыми или стержневыми молниеотводами по одному пролету действующей ВЛ в обе стороны от ответвления;

комплекты защитных аппаратов РТ1, РТ2 с сопротивлением заземлителя не более 10 Ом, устанавливаемые на деревянных опорах: РТ2 – на первой опоре с тросом со стороны ВЛ или на границе участка, защищаемого стержневыми молниеотводами; РТ1 – на незащищенном участке ВЛ на расстоянии 150–200 м от РТ2.

При длине подхода более 500 м установка комплекта РТ1 не требуется (4.2.155).

Вопрос. Как должны быть защищены коммутационные аппараты, устанавливаемые на опорах ВЛ до 110 кВ, имеющих защиту тросом не по всей длине?

Ответ. Как правило, должны быть защищены защитными аппаратами, устанавливаемыми на тех же опорах со стороны потребителя. Если коммутационный аппарат нормально отключен, разрядники должны быть установлены на той же опоре с каждой стороны, находящейся под напряжением.

При установке коммутационных аппаратов на расстоянии до 25 м по длине ВЛ от места подключения линии к ПС или распределительному пункту установка защитных аппаратов на опоре, как правило, не требуется. Если коммутационные аппараты в грозовой сезон нормально отключены, то со стороны ВЛ на опоре должны быть установлены защитные аппараты (4.2.157).

Вопрос. Допускается ли не устанавливать защитные аппараты для защиты коммутационных аппаратов на ВЛ напряжением до 20 кВ с железобетонными и металлическими опорами?

Ответ. Допускается, если коммутационные аппараты имеют изоляцию того же класса, что и ВЛ (4.2.157).

Вопрос. Как должно быть защищено ответвление от ВЛ, выполняемое на металлических и железобетонных опорах?

Ответ. 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 (4.2.158).

Вопрос. Какие аппараты должны быть установлены для защиты ССП 3–10 кВ?

Ответ. Должны быть установлены защитные аппараты – по одному комплекту на концевой опоре каждой питающей ВЛ с деревянными опорами. При этом заземляющие спуски защитных аппаратов следует присоединять к заземляющему устройству переключательного пункта (4.2.159).

Защита вращающихся электрических машин от грозовых перенапряжений

Вопрос. К какому электрооборудованию допускается непосредственно присоединять ВЛ на металлических и железобетонных опорах?

Ответ. Допускается непосредственно присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 50 МВт (до 50 МВ·А) и соответствующим РУ (4.2.160).

Вопрос. К какому электрооборудованию допускается присоединять ВЛ на деревянных опорах?

Ответ. Допускается присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 25 МВт (до 25 МВ·А) и соответствующим РУ (4.2.160).

Вопрос. Как должно осуществляться присоединение ВЛ к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью более 50 МВт (более 50 МВ·А)?

Ответ. Должно осуществляться только через трансформатор (4.2.160).

Вопрос. Какая защита должна быть установлена для защиты блочных трансформаторов, связанных с генераторами мощностью 100 МВт и выше?

Ответ. Со стороны высшего напряжения должны быть установлены РВ не ниже II группы или соответствующие ОПН (4.2.160).

Вопрос. Какие аппараты должны быть установлены для защиты генераторов и синхронных компенсаторов, а также электродвигателей мощностью более 3 МВт, присоединенных к общим шинам ВЛ или токопроводами?

Ответ. Должны быть установлены РВ 1 группы или ОПН с соответствующим остающимся напряжением грозового импульса тока и емкости не менее 0,5 мкФ на фазу. При выборе РВ или ОПН с более низкими значениями остающихся напряжений допускается устанавливать емкости менее 0,5 мкФ на фазу. Кроме того, защита подходов ВЛ к РУ электростанций, ПС и токопроводов к машинам должна быть выполнена с уровнем грозоупорности не менее 50 кА.

РВ или ОПН следует устанавливать для защиты:

генераторов (синхронных компенсаторов) мощностью более 15 МВт (15 МВ·А) – на присоединение каждого генератора (синхронного компенсатора);

15 МВт (15 МВ·А) и менее – на шинах (секциях шин) генераторного напряжения;

электродвигателей мощностью более 3 МВт – на шинах РУ (4.2.161).

Вопрос. В каких случаях не требуется установка защитных емкостей?

Ответ. Не требуется, если суммарная емкость присоединенных к генераторам (синхронным компенсаторам) участков кабелей длиной до 100 м составляет 0,5 мкФ и более на фазу (4.2.161).

Вопрос. С соблюдением каких требований должны быть защищены от грозовых воздействий подходы ВЛ, если вращающиеся машины и эти ВЛ присоединены к общим шинам РУ электростанций или ПС?

Ответ. Должны быть защищены с соблюдением следующих требований:

подход ВЛ с металлическими и железобетонными опорами должен быть защищен тросом на протяжении не менее 300 м, в начале подхода должен быть установлен комплект РВ IV группы или соответствующих ОПН. Сопротивление заземления РВ или ОПН не должно превышать 3 Ом, а сопротивление заземления опор на тросовом участке – 10 Ом. Рекомендуется использование деревянных траверс с расстоянием не менее 1 м по дереву от точки крепления гирлянды изоляторов до стойки опоры. На подходах ВЛ с деревянными опорами дополнительно к средствам защиты, применяемым на ВЛ с железобетонными опорами, следует устанавливать комплект РВ IV группы или соответствующих ОПН на расстоянии 150 м от начала тросового подхода в сторону линии. Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 3 Ом. Допускается установка РТ в начале подхода. Сопротивление заземления таких разрядников не должно превышать 5 Ом;

на ВЛ, присоединенных к электростанциям и ПС кабельными вставками длиной до 0,5 км, защита подхода должна быть выполнена так же, как

на ВЛ без кабельных вставок; дополнительно должен быть установлен комплект РВ2 IV группы или соответствующих ОПН в месте присоединения ВЛ к кабелю. Заземляющий вывод защитного аппарата кратчайшим путем следует присоединить к броне, металлической оболочке кабеля и к заземлителю. Сопротивление заземления аппарата не должно превышать 5 Ом;

если подход ВЛ на длине не менее 300 м защищен от прямых ударов молнии зданиями, деревьями или другими высокими предметами и находится в их зоне защиты, то подвеска троса на подходе ВЛ не требуется. При этом в начале защищенного участка ВЛ (со стороны линии) должен быть установлен комплект РВ1 IV группы или соответствующих ОПН. Сопротивление заземления разрядника не должно превышать 3 Ом. Спуски заземления РВ кратчайшим путем должны быть соединены с контуром заземления ПС (электростанции);

при наличии токоограничивающего реактора на присоединении ВЛ подход на длине 100–150 м должен быть защищен от прямых ударов молнии тросовым молниеотводом. В начале подхода, защищенного молниеотводом, а также у реактора должны быть установлены комплекты РВ1 и РВ2 IV группы или соответствующих ОПН. Сопротивление заземления аппарата, установленного в начале подхода со стороны линии, должно быть не более 3 Ом;

при присоединении ВЛ к шинам РУ с вращающимися машинами через токоограничивающий реактор и кабельную вставку длиной более 50 м защита подхода ВЛ от прямых ударов молнии не требуется. В месте присоединения ВЛ к кабелю и перед реактором должны быть установлены комплекты РВ1 и РВ2 IV группы или ОПН с сопротивлением заземления не более 3 Ом;

на ВЛ, присоединенных к шинам РУ с вращающимися машинами мощностью менее 3 МВт (3 МВ·А), подходы которых на длине не менее 0,5 км выполнены на железобетонных или металлических опорах с сопротивлением заземления не более 5 Ом, должен быть установлен комплект РВ IV группы или соответствующих ОПН на расстоянии 100–150 м от ПС (электростанции). Сопротивление заземления защитных аппаратов должно быть не более 3 Ом. При этом защита подхода ВЛ тросом не требуется (4.2.162).

Вопрос. Должны ли входить токопроводы в зоны защиты молниеотводов и сооружений ПС (электростанций) при применении открытых токопроводов для соединения генераторов (синхронных компенсаторов) с трансформаторами?

Ответ. Они должны входить в зону такой защиты. Место присоединения молниеотводов к заземляющему устройству ПС (электростанций) должно быть удалено от места присоединения к нему заземляемых элементов токопровода, считая по магистрали заземления, не менее чем на 20 м (4.2.163).

Вопрос. Как должны быть защищены открытые токопроводы, если они не входят в зоны защиты молниеотводов ОРУ?

Ответ. В этом случае они должны быть защищены от прямых ударов молнии отдельно стоящими молниеотводами или тросами, подвешенными на отдельных опорах с защитным углом не более 20°. Заземление отдельно стоящих молниеотводов и тросовых опор должно выполняться обособленными заземлителями, не имеющими соединения с заземляющими устройствами опор токопроводов, или путем присоединения к заземляющему устройству РУ в точках, удаленных от места присоединения к нему заземляемых элементов токопровода на расстояние не менее 20 м.

Расстояние от отдельно стоящих молниеотводов (тросовых опор) до токоведущих или заземленных элементов токопровода по воздуху должно быть не менее 5 м. Расстояние в земле от обособленного заземлителя и подземной части молниеотвода до заземлителей и подземной части токопровода должно быть не менее 5 м (4.2.163).

Вопрос. Какие аппараты должны быть установлены для защиты генераторов от волн грозовых перенапряжений, набегающих по токопроводу, и от индуктированных перенапряжений?

Ответ. Должны быть установлены РВ I группы или ОПН и защитные емкости, значение которых на три фазы должно составлять не менее: при номинальном напряжении генераторов 6 кВ – 0,8 мкФ; 10 кВ – 0,5 мкФ; 13,8 – 20 кВ – 0,4 мкФ.

Защитные емкости не требуется устанавливать, если суммарная емкость генератора и кабельной сети на шинах генераторного напряжения имеет требуемое значение. При определении емкости кабельной сети в этом случае учитываются участки кабелей на длине до 750 м (4.2.164).

Вопрос. В каких случаях допускается не выполнять защиту подходов к электрооборудованию от прямых ударов молнии?

Ответ. Допускается не выполнять защиту подходов при присоединении ВЛ или открытых токопроводов:

к электродвигателям мощностью до 3 МВт;

к генераторам дизельных электростанций мощностью до 1 МВт, расположенных в районах с интенсивностью грозовой деятельности до 20 грозовых часов в году.

При этом требуется установка на подходе ВЛ двух комплектов РВ IV группы или соответствующих ОПН на расстояниях 150 (РВ2) и 250 м (РВ1) от шин ПС. Сопротивление заземления защитных аппаратов должно быть не более 3 Ом. Спуски заземления кратчайшим путем должны быть соединены с заземляющим устройством ПС или электростанции (4.2.165).

Вопрос. Какой защитный аппарат должен быть установлен перед кабелем при наличии кабельной вставки любой длины?

Ответ. Непосредственно перед кабелем должен быть установлен РВ IV группы или соответствующий ОПН. Их заземляющий зажим должен быть кратчайшим путем присоединен к металлическим оболочкам кабеля и к заземлителю (4.2.165).

Вопрос. Какие защитные аппараты должны быть установлены на шинах, питающих электродвигатели через кабельные вставки?

Ответ. Должны быть установлены РВ I группы или соответствующие ОПН и защитные емкости не менее 0,5 мкФ на фазу (4.2.165).

Вопрос. В каком случае на подходах ВЛ или открытых токопроводов с железобетонными или металлическими опорами не требуется установка РВ?

Ответ. Не требуется, если сопротивление заземления каждой опоры подхода на длине не менее 250 м составляет не более 10 Ом (4.2.165).

Защита от внутренних перенапряжений

Вопрос. С какой нейтралью должны работать электрические сети 3–35 кВ?

Ответ. Должны работать с изолированной, заземленной через резистор или дугогасящий реактор нейтралью (4.2.166).

Вопрос. Какой должна быть степень несимметрии емкостей фаз относительно земли в электрических сетях 3–35 кВ с компенсацией емкостного тока однофазного замыкания на землю?

Ответ. Не должна превышать 0,75 %. Выравнивание емкостей фаз относительно земли должно осуществляться транспозицией проводов и распределением конденсаторов ВЧ связи (4.2.166).

Вопрос. Где могут устанавливаться дугогасящие реакторы?

Ответ. Могут устанавливаться на всех ПС, кроме тупиковых, связанных с электрической сетью не менее чем двумя линиями электропередачи. Дугогасящие реакторы не допускается включать в нейтрали трансформаторов, присоединенных к шинам через предохранители. Мощность дугогасящих реакторов выбирается по значению полного емкостного тока замыкания на землю с учетом развития сети в ближайшие 10 лет (4.2.166).

Вопрос. В каких сетях требуется принимать меры для предотвращения феррорезонансных процессов и самопроизвольного смещения нейтрали?

Ответ. Требуется принимать такие меры в электрических сетях 3–35 кВ.

В электрических сетях 3–35 кВ, в которых имеются генераторы (синхронные компенсаторы) с непосредственным водяным охлаждением обмотки статора, вследствие значительной активной проводимости изоляции генератора на землю защита от феррорезонансных процессов не требуется (4.2.167).

Вопрос. С помощью каких аппаратов должны быть защищены обмотки трансформаторов (автотрансформаторов) от коммутационных перенапряжений?

Ответ. Должны быть защищены с помощью РВ или ОПН, установленных в соответствии с требованиями п. 4.2.153 Правил (4.2.168).

Вопрос. Какие защитные аппараты следует применять с целью ограничения опасных для оборудования коммутационных перенапряжений?

Ответ. Следует применять комбинированные РВ или ОПН, выключатели с предвключенными резисторами, электромагнитные ТН или другие средства, а также сочетания их с мероприятиями по ограничению длительных повышений напряжения (установка шунтирующих и компенсационных реакторов, схемные мероприятия, системная и ПА, в частности, АОПН).

Коммутационные перенапряжения на шинах ПС 330, 500 и 750 кВ должны быть ограничены в зависимости от уровня изоляции оборудования (4.2.170).

Вопрос. Какие технические решения должны предусматриваться для РУ 110–500 кВ?

Ответ. Должны предусматриваться технические решения, исключающие появление феррорезонансных перенапряжений, возникающих при последовательных включениях электромагнитных ТН и емкостных делителей напряжения выключателей.

К этим решениям относится, в частности:

применение выключателей без емкостных делителей напряжения;

применение вместо электромагнитных трансформаторов емкостных;

применение антирезонансных ТН;

увеличение в 1,5–2 раза емкости ошиновки РУ путем установки на шинах дополнительных конденсаторов, например, связи (4.2.171).

Пневматическое хозяйство

Вопрос. Для чего предназначена и что представляет собой установка сжатого воздуха?

Ответ. Данная установка, состоящая из стационарной компрессорной и воздухораспределительной сети, предназначена для снабжения сжатым воздухом коммутационных аппаратов (воздушных выключателей, пневматических приводов к выключателям, разъединителям) РУ электрических станций и ПС (4.2.172).

Вопрос. Как осуществляется получение в компрессорной установке осушенного воздуха?

Ответ. Осуществляется применением термодинамического способа осушки воздуха, для чего предусматриваются две ступени давления:

компрессорное (повышенное) – для компрессоров и воздухосборников-аккумуляторов сжатого воздуха, выбираемое из условия обеспечения требуемой относительной влажности воздуха в коммутационных аппаратах;

рабочее (номинальное) – для воздухораспределительной сети, в соответствии с номинальным давлением воздуха коммутационных аппаратов.

Системы компрессорного и рабочего давления должны быть связаны между собой перепускными клапанами (4.2.173).

Вопрос. Какой способ допускается применять дополнительно для снабжения сжатым воздухом с требуемой температурой точки росы выключателей?

Ответ. Допускается дополнительно применять физико-химический (абсорбционный) способ осушки воздуха. При этом число блоков очистки воздуха должно быть не менее двух (4.2.173).

Вопрос. Какой должна быть выбрана производительность рабочих компрессоров?

Ответ. Должна быть выбрана такой, чтобы обеспечить:

в установках с компрессорами давлением до 10 МПа: 0,5 ч непрерывной работы с 2-часовой паузой; восстановление давления в воздухосборниках, сниженного на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы, за 2 ч, пока компрессоры не работают, – в течение 0,5 ч;

в установках с компрессорами давлением 23 МПа: 1,5 ч непрерывной работы с 2-часовой паузой; восстановление давления в воздухосборниках (условия аналогичны изложенным выше) – в течение 1,5 ч.

При любом количестве рабочих компрессоров исходя из условий надежности воздухообеспечения коммутационных аппаратов должны быть предусмотрены один или два резервных в зависимости от местных условий.

Указанное не распространяется на ПС с одним коммутационным аппаратом, имеющим пневмопривод, где должны устанавливаться два компрессора, один из которых резервный (4.2.174).

Вопрос. Что должна обеспечивать емкость воздухосборников?

Ответ. Должна обеспечивать покрытие суммарного расхода воздуха (при неработающих компрессорах):

в рабочем режиме – на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы за 2 ч, пока компрессоры не работают. При этом остаточное давление в воздухосборниках должно быть таким, чтобы обеспечивалось допустимое влагосодержание воздуха в коммутационных аппаратах;

в аварийном режиме – на восстановление давления в резервуарах воздушных выключателей (до наименьшего допустимого значения по условиям работы выключателей) при одновременном отключении наибольшего числа выключателей, возможного по режиму работы электроустановок с учетом действия РЗиА. При этом наименьшее давление сжатого воздуха в воздухосборниках должно быть выше номинального давления сжатого воздуха в аппаратах:

на 30 % – в установках с компрессорами давлением до 10 МПа;

на 80 % – в установках с компрессорами давлением 23 МПа (4.2.175).

Вопрос. Что должна обеспечивать пропускная способность перепускных клапанов и воздухопроводов распределительной сети?

Ответ. Должна обеспечивать восстановление давления воздуха (до наименьшего допустимого значения по условиям работы выключателей) в резервуаре выключателя, который может отключаться в цикле неуспешного АПВ (в том числе при наличии двукратного АПВ).

Перепускной клапан в нормальном режиме, как правило, должен обеспечивать непрерывный перепуск небольшого количества воздуха для покрытия расхода на утечки и вентилирование в системе после клапана (4.2.178).

Вопрос. Каковы требования Правил к управлению автоматикой включения и отключения перепускных клапанов?

Ответ. Управление необходимо осуществлять независимо от режима работы компрессоров. Управление электромагнитными приводами перепускных клапанов следует производить электроконтактными манометрами, устанавливаемыми в помещении компрессорной установки (4.2.179).

Вопрос. Должен ли быть при компрессорной установке постоянный дежурный персонал?

Ответ. Компрессорная установка, за исключением блока очистки воздуха, должна быть автоматизирована и работать без постоянного дежурного персонала (4.2.180).

Вопрос. Какие функции управления компрессорной установкой должны быть предусмотрены в схеме управления?

Ответ. Должны быть предусмотрены:

автоматический запуск и останов рабочих и резервных компрессоров, поддерживающих в воздухосборниках и в резервуарах выключателей давление в установленных пределах;

автоматическая продувка (удаление влаги и масла) водомаслоотделителей;

автоматическое управление перепускными клапанами;

защита компрессорных агрегатов при нарушениях нормального режима работы.

Установка сжатого воздуха должна быть оборудована сигнализацией, действующей при нарушениях ее нормальной работы (4.2.180).

Вопрос. В каких местах должны устанавливаться воздухосборники?

Ответ. Должны устанавливаться на открытом воздухе на расстоянии не менее 2 м от стены компрессорной, желательно с теневой стороны. Специальный навес над ними (для защиты от солнечной радиации) не требуется. Допускается установка воздухосборников в отдельном помещении того здания, в котором размещается ЗРУ с воздушными выключателями (4.2.183).

Вопрос. Какая температура должна поддерживаться в помещении компрессорной установки для нормальной работы компрессоров?

Ответ. Должна поддерживаться температура не ниже +10 °С и не выше +40 °С, для чего должны быть предусмотрены отопление и приточно-вытяжная механическая вентиляция (4.2.185).

Вопрос. Как должна выполняться воздухораспределительная сеть?

Ответ. Должна, как правило, выполняться кольцевой, разделенной на участки при помощи запорных вентилей.

Питание воздухопроводной сети должно осуществляться двумя магистралями от компрессорной установки (4.2.186).

Вопрос. Какие устройства должны быть установлены для защиты воздухораспределительной сети давлением 2,0 МПа компрессорной установки до 10 МПа?

Ответ. Должны быть установлены предохранительные клапаны, срабатывающие при превышении давления в обеих нитках питающей магистрали воздухораспределительной сети (4.2.187).

Вопрос. В каких местах устанавливаются линейные водоотделители?

Ответ. Устанавливаются в обеих нитках питающей магистрали воздухораспределительной сети давлением 2,0 МПа компрессорной установки до 10 МПа. Линейный водоотделитель должен иметь спускной вентиль и штуцеры с фланцами для присоединения подводящего и отводящего воздухопроводов (4.2.188).

Вопрос. Как может выполняться прокладка воздухопроводов распределительной сети?

Ответ. Может выполняться открыто по конструкциям и стойкам под оборудованием, в кабельных туннелях, каналах и лотках совместно с кабелями, а в закрытых помещениях – также по стенам и потолкам (4.2.189).

Вопрос. С каким уклоном следует прокладывать воздухопроводы?

Ответ. Следует прокладывать с уклоном не менее 0,3 % с установкой в нижних точках спускных вентилей для продувки сети. Ответвления к аппаратам следует прокладывать с уклоном не менее 0,3 % в направлении главной магистрали (4.2.190).

Вопрос. Что должно быть предусмотрено в воздухопроводной распределительной сети для компенсации температурных деформаций?

Ответ. Должны быть предусмотрены компенсаторы, выполняемые из труб того же диаметра. Конструкция компенсаторов определяется проектной организацией (4.2.191).

Вопрос. Из каких труб должны выполняться воздухопроводы компрессорной установки, распределительной сети и ответвления к шкафам управления?

Ответ. Должны выполняться из стальных бесшовных труб на давление 23 МПа из нержавеющей стали; воздухопроводы от шкафов управления к резервуарам воздушных выключателей – из медных труб, допускается применение бесшовных труб из коррозионно-стойкой стали. Воздухопроводы между шкафами и пневматическими приводами разъединителей – из стальных труб.

Воздухопроводы компрессорного давления, расположенные вне помещения компрессорной установки до воздухосборников и в пределах стены, через которую они проходят, должны быть покрыты теплоизоляцией (4.2.192).

Вопрос. Как должны соединяться стальные воздухопроводы?

Ответ. Должны соединяться сваркой встык; соединения с арматурой – фланцевые.

Для труб с внутренним диаметром 6–8 мм допускается фланцевое соединение или соединение при помощи ниппелей (4.2.193).

Вопрос. Каковы требования Правил к покрытию поверхностей воздухосборников и линейных водоотделителей?

Ответ. Их внутренние поверхности должны иметь антикоррозийное покрытие (4.2.194).

Наружные поверхности воздухосборников и линейных водоотделителей, устанавливаемых на открытом воздухе, должны быть окрашены устойчивой краской светлого тона (4.2.195).

Масляное хозяйство

Вопрос. Какие масляные хозяйства предусматриваются на электростанциях, ПС 500 кВ и выше независимо от мощности установленных трансформаторов и на ПС 330 кВ с трансформаторами мощностью 200 МВ·А и более?

Ответ. Предусматриваются масляные хозяйства, состоящие из склада масла и мастерской с оборудованием для обработки и анализа масла.

Склады масла таких маслохозяйств на ПС должны иметь три резервуара изоляционного масла.

Емкость каждого резервуара должна быть не менее емкости одного наиболее крупного трансформатора с запасом 10 % (4.2.198).

Вопрос. Каковы требования Правил к оснащению мастерской маслохозяйства?

Ответ. В зависимости от оснащенности энергосистемы передвижными установками по обработке масла и транспортных связей между ПС и централизованным маслохозяйством энергосистемы мастерская маслохозяйства может оснащаться не всеми стационарными установками по обработке масла или совсем не сооружаться. В последнем случае необходимо предусматривать аппаратную маслохозяйства с коллектором для присоединения передвижных маслообрабатывающих установок изоляционного масла (4.2.198).

Вопрос. Сколько стационарных резервуаров турбинного масла должны сооружаться на ПС с синхронными компенсаторами?

Ответ. Должны сооружаться два стационарных резервуара турбинного масла вне зависимости от количества и объема резервуаров изоляционного масла. Системы турбинного и изоляционного масла должны быть независимыми.

Объем каждого резервуара должен быть не менее 110 % объема масляной системы наибольшего синхронного компенсатора, устанавливаемого на данной ПС (4.2.199).

Вопрос. Какими должны быть расстояния от резервуаров открытых складов масла?

Ответ. Должны быть не менее:

до зданий и сооружений электростанций и ПС (в том числе до трансформаторной мастерской): 12 м – для складов общей емкостью до 100 т масла, 18 м – для складов более 100 т масла;

до жилых и общественных зданий – на 25 % больше расстояний, указанных выше;

до аппаратной маслохозяйства – 8 м;

до складов баллонов водорода – 20 м;

до внешней ограды ПС: 6,5 м – при устройстве охранной периметральной сигнализации, 4 м – в остальных случаях (4.2.202).

Установка силовых трансформаторов и реакторов

Вопрос. На установку какого электрооборудования распространяются требования настоящего подраздела Правил?

Ответ. Распространяются на стационарную установку в помещениях и на открытом воздухе силовых трансформаторов (автотрансформаторов), регулировочных трансформаторов и маслонаполненных реакторов с высшим напряжением 3 кВ и выше и не распространяются на электроустановки специального назначения (4.2.203).

Вопрос. На каких устройствах следует устанавливать трансформаторы на ПС, имеющих стационарные устройства для ремонта трансформаторов (башни) и рельсовые пути перекатки, а также на ПС с размещением трансформаторов в закрытых помещениях?

Ответ. Следует устанавливать на каретках (катках).

Сейсмостойкие трансформаторы устанавливаются непосредственно на фундамент с креплением их к закладным элементам фундамента для предотвращения их смещений в горизонтальном и вертикальном направлениях.

На фундаментах трансформаторов должны быть предусмотрены места для установки домкратов (4.2.206).

Вопрос. Как должна располагаться конструкция при установке расширителя?

Ответ. При установке расширителя на отдельной конструкции она должна располагаться таким образом, чтобы не препятствовать выкатке трансформатора с фундамента.

В этом случае газовое реле должно располагаться вблизи трансформатора в пределах удобного и безопасного обслуживания со стационарной лестницы. Для установки расширителя можно использовать портал ячейки трансформатора (4.2.208).

Вопрос. Какая мера допускается для защиты оборудования от возможного выброса масла трансформатора?

Ответ. Допускается установка заградительного щита между трансформатором и оборудованием (4.2.209).

Вопрос. Что следует предусмотреть вдоль путей перекатки, а также у фундаментов трансформаторов массой более 20 т?

Ответ. Должны быть предусмотрены анкеры, позволяющие закреплять за них лебедки, направляющие блоки, полиспасты, используемые при перекатке трансформаторов в обоих направлениях. В местах изменения направления движения должны быть предусмотрены места для установки домкратов (4.2.210).

Вопрос. Какими должны быть расстояния в свету между открыто установленными трансформаторами?

Ответ. Эти расстояния определяются технологическими требованиями и должны быть не менее 1,25 м (4.2.211).

Вопрос. При каких расстояниях между открыто установленными трансформаторами напряжением 110 кВ и выше единичной мощностью 63 МВ·А и более должны предусматриваться разделительные перегородки?

Ответ. Должны предусматриваться:

при расстояниях менее 15 м между трансформаторами (реакторами), а также между ними и трансформаторами любой мощности, включая регулировочные и СН;

при расстояниях менее 25 м между трансформаторами, установленными вдоль наружных стен зданий электростанции на расстоянии от стен менее 40 м.

Разделительные перегородки должны иметь предел огнестойкости не менее 1,5 ч, ширину – не менее ширины маслоприемника и высоту – не менее высоты вводов высшего напряжения более высокого трансформатора.

Указанные расстояния принимаются до наиболее выступающих частей трансформаторов (4.2.212).

Вопрос. Какие трансформаторы оснащаются автоматическими установками пожаротушения?

Ответ. Оснащаются:

трансформаторы напряжением 500–750 кВ независимо от мощности, а напряжением 220–330 кВ мощностью 250 МВ·А и более;

трансформаторы напряжением 110 кВ и выше мощностью 63 МВ·А и более, устанавливаемые в камерах ПС и у зданий ГЭС;

трансформаторы напряжением 110 кВ и выше любой мощности, устанавливаемые в подземном здании ГЭС и ГАЭС (4.2.214).

Вопрос. Каковы требования Правил к установке масляных трансформаторов, размещаемых внутри помещений?

Ответ. Каждый масляный трансформатор следует устанавливать в отдельной камере (исключения указаны в п. 4.2.98 Правил), расположенной на первом этаже. Допускается установка масляных трансформаторов на втором этаже, а также ниже уровня пола первого этажа на 1 м в незатопляемых зонах при условии обеспечения возможности транспортирования наружу и удаления масла в аварийных случаях.

Допускается установка в общей камере двух масляных трансформаторов с объемом масла до 3 т каждый, имеющих общее назначение, управление, защиту и рассматриваемых как один агрегат (4.2.216).

Вопрос. Какими должны быть расстояния в свету от наиболее выступающих частей трансформаторов, расположенных на высоте 1,9 м от пола, для трансформаторов, устанавливаемых внутри помещений?

Ответ. Должны быть:

до задней и боковых стен – не менее 0,3 м для трансформаторов мощностью до 0,63 МВ·А и 0,6 м – для трансформаторов большей мощности;

со стороны входа до полотна двери или выступающих частей стены не менее 0,6 м – для трансформаторов мощностью 0,63 МВ·А, 0,8 м – для трансформаторов до 1,6 МВ·А, 1 м – для трансформаторов мощностью более 1,6 МВ·А (4.2.217).

Вопрос. Какой уклон должен иметь пол камер масляных трансформаторов?

Ответ. Должен иметь 2%-ный уклон в сторону маслоприемника (4.2.218).

Вопрос. Какие выходы должна иметь каждая камера масляных трансформаторов?

Ответ. Каждая камера должна иметь отдельный выход наружу или в смежное помещение категорий Г или Д (4.2.220).

Вопрос. В каком случае не допускается выкатка из камер трансформаторов мощностью 0,25 МВ·А и более?

Ответ. Не допускается выкатка из камер во внутренние проезды шириной менее 5 м между зданиями. Это требование не распространяется на камеры, выходящие в проходы и проезды внутри производственных помещений (4.2.221).

Вопрос. Каким должно быть приемлемое расположение вентиляционных шахт и проемов?

Ответ. Они должны быть расположены таким образом, чтобы в случае образования или попадания в них влаги она не могла стекать на трансформаторы, либо должны быть применены меры для защиты трансформатора от попадания влаги из шахты.

Вентиляционные проемы должны быть закрыты сетками с размером ячейки не более 1×1 см и защищены от попадания через них дождя и снега (4.2.222).

Вопрос. Каковы требования Правил к расположению вытяжных шахт камер масляных трансформаторов?

Ответ. Для таких шахт, пристроенных к зданиям, имеющим кровлю из горючего материала, расстояния от стен здания должны быть не менее 1,5 м или же конструкции кровли из горючего материала должны быть

защищены парапетом из негорючего материала высотой не менее 0,6 м. Вывод шахт выше кровли здания в этом случае необязателен. Отверстия вытяжных шахт не должны располагаться против оконных проемов зданий.

Если над дверью или выходным вентиляционным отверстием камеры трансформатора имеется окно, то под ним следует устраивать козырек из негорючего материала с вылетом не менее 0,7 м. Длина козырька должна быть более ширины окна не менее чем на 0,8 м в каждую сторону (4.2.223).

Вопрос. Какой должна быть температура в помещении, в котором должны располагаться охладительные колонки, адсорберы и другое оборудование, устанавливаемое в системе охлаждения Ц?

Ответ. Должна быть не ниже +5 °С. При этом должна быть обеспечена возможность замены адсорбента на месте (4.2.227).

Вопрос. Из какого материала должны выполняться внешние маслопроводы систем охлаждения ДЦ и Ц?

Ответ. Должны выполняться из нержавеющей стали или материалов, устойчивых против коррозии (4.2.228).

Вопрос. Как могут размещаться групповые охладительные установки?

Ответ. Могут размещаться как непосредственно на фундаменте, так и на рельсах, уложенных на фундамент, если предусматривается выкатка этих установок на своих катках (4.2.229).

Вопрос. Где должны устанавливаться шкафы управления электродвигателями системы охлаждения ДЦ, НДЦ и Ц?

Ответ. Должны устанавливаться за пределами маслоприемника. Допускается навешивание шкафа управления системой охлаждения Д на бак трансформатора, если шкаф рассчитан на работу в условиях вибрации, создаваемой трансформатором (4.2.230).

Вопрос. Каким устройством сигнализации должны быть снабжены трансформаторы с принудительной системой охлаждения?

Ответ. Должны быть снабжены сигнализацией о прекращении циркуляции масла, охлаждающей воды или останове вентилятора дутья, а также об автоматическом включении или отключении резервного охладителя или резервного источника питания (4.2.231).

Вопрос. В каком месте следует предусматривать планово-предупредительный ремонт трансформаторов на ПС?

Ответ. Следует предусматривать на месте их установки с помощью автокранов или (и) инвентарных устройств. При этом рядом с каждым трансформатором должна быть предусмотрена площадка, рассчитанная на размещение элементов, снятых с ремонтируемого трансформатора, такелажной оснастки и оборудования, необходимого для ремонтных работ.

В стесненных условиях ПС допускается предусматривать одну ремонтную площадку с сооружением к ней путей перекатки.

На ПС, расположенных в удаленных и труднодоступных районах, следует предусматривать совмещенные порталы (4.2.233).

Вопрос. Какая возможность доставки трансформатора к месту ремонта должна быть обеспечена при открытой установке трансформаторов вдоль машинного зала электростанции?

Ответ. Должна быть обеспечена возможность перекатки трансформатора к месту ремонта без разборки трансформатора, снятия вводов и разборки поддерживающих конструкций токопроводов, порталов, шинных мостов и т. п. (4.2.234).

Вопрос. При наличии каких условий должны предусматриваться продольные пути перекатки трансформаторов на ПС?

Ответ. Должны предусматриваться:

при наличии подъездной железной дороги;

при наличии башни для ремонта трансформаторов;

при аварийном вводе в работу резервной фазы автотрансформатора методом перекатки, если это обосновано в сравнении с другими способами (4.2.236).

Глава 4.3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И УСТАНОВКИ

Область применения. Определения

Вопрос. На какие преобразовательные ПС и установки распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на стационарные преобразовательные ПС и установки с полупроводниковыми преобразовательными агрегатами мощностью 100 кВт и более в единице, предназначенные для питания промышленных потребителей.

Правила не распространяются на тяговые ПС электрифицированных железных дорог и на специальные преобразовательные установки, например, для газоочистки, лабораторий и т. п. (4.3.1).

Вопрос. Что называется преобразовательным агрегатом?

Ответ. Называется комплект оборудования, состоящий из одного или нескольких полупроводниковых преобразователей, трансформатора, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы агрегата.

Полупроводниковым преобразователем называется комплект полупроводниковых вентилей (неуправляемых или управляемых), смонтированных на рамах или в шкафах, с системой воздушного или водяного охлаждения, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы преобразователя (4.3.3).

Общие требования

Вопрос. Какие меры должны быть предусмотрены на преобразовательных ПС и установках?

Ответ. Должны быть предусмотрены меры по ограничению:

влияния ПС (установки) на качество электрической энергии в питающей сети до значений, оговоренных в ГОСТ 13109–97;

радиопомех, создаваемых ПС (установкой), до значений, оговоренных в нормативах (4.3.6).

Вопрос. Чем должны быть оборудованы преобразовательные ПС и установки?

Ответ. Должны быть оборудованы телефонной связью, а также пожарной сигнализацией и другими видами сигнализации, которые требуются по условиям их работы (4.3.9).

Защита преобразовательных агрегатов

Вопрос. Какими устройствами защиты должен быть оборудован трансформатор преобразовательного агрегата в зависимости от типовой мощности и первичного напряжения?

Ответ. Должен быть оборудован следующими устройствами защиты:

максимальной токовой защитой мгновенного действия от многофазных замыканий в обмотках и на выводах трансформатора и, если это возможно, от КЗ в преобразователе, действующей на отключение;

газовой защитой от внутренних повреждений и понижения уровня масла в трансформаторе;

защитой от повышения давления (реле давления) трансформаторов с действием ее на сигнал для трансформаторов мощностью до 0,63 МВА и с действием на отключение для трансформаторов мощностью более 0,63 МВА;

защитой от перенапряжений на стороне вторичного напряжения трансформаторов при выпрямленном напряжении 600 В и выше;

пробивным предохранителем, установленным в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения трансформатора, при вторичном напряжении до 1 кВ (4.3.13).

Вопрос. Какими защитными аппаратами должен быть оборудован полупроводниковый преобразователь в зависимости от мощности, значения выпрямленного напряжения, типа, назначения и режима работы?

Ответ. Должен быть оборудован:

быстродействующими предохранителями в каждой параллельной ветви для защиты отдельных или нескольких последовательно соединенных вентилей;

быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе на стороне выпрямленного напряжения для защиты от междуполюсных замыканий за преобразователем и для защиты от опрокидывания инвертора в реверсивных преобразовательных агрегатах при работе по схеме блок-преобразователь-потребитель;

защитой снятия импульсов управления или сдвига импульсов управления в сторону увеличения угла регулирования тиристорных преобразователей для предотвращения сверхтоков;

быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе при работе одного или параллельной работе нескольких полупроводниковых преобразователей на общие сборные шины;

защитой от внутренних и внешних перенапряжений (4.3.14).

Вопрос. Какими устройствами защиты, контроля и сигнализации должен быть оборудован преобразовательный агрегат?

Ответ. Должен быть оборудован такими устройствами для предупреждения следующих ненормальных режимов работы:

превышение допустимой температуры масла или негорючей жидкости трансформатора;

превышение допустимой температуры воды, охлаждающей полупроводниковый преобразователь;

перегорание предохранителя в силовой цепи полупроводникового вентиля;

прекращение действия воздушного или водяного охлаждения;

длительная перегрузка преобразовательного агрегата;
отсутствие управляющих импульсов;
повреждение (снижение уровня) изоляции установки;
нарушение работы в других устройствах СН преобразовательного агрегата, препятствующих его нормальной работе (4.3.15).

Размещение оборудования, защитные мероприятия

Вопрос. Как может устанавливаться оборудование преобразовательного агрегата?

Ответ. Трансформатор, регулировочный автотрансформатор, уравнительные реакторы, анодные делители и фильтровые реакторы, относящиеся к одному преобразовательному агрегату, могут устанавливаться в общей камере (4.3.17).

Вопрос. Каким блокирующим устройством должны быть снабжены двери шкафов преобразователей при выпрямленном напряжении выше 1 кВ вне зависимости от места установки шкафов (электротехническое или производственное помещение)?

Ответ. Должны быть снабжены блокировкой, отключающей преобразователь со стороны переменного и со стороны выпрямленного тока и не позволяющей включить его при открытых дверях. Двери шкафов преобразователей, устанавливаемых вне электропомещений, должны быть снабжены внутренними замками, отпираемыми специальными ключами (4.3.20).

Вопрос. Где могут устанавливаться открытые преобразователи до 1 кВ?

Ответ. Могут устанавливаться:

на участках пола, изолированных от земли. При этом пол должен быть покрыт слоем изоляции под самим преобразователем и в зоне до 1,5 м от проекции преобразователя. Слой изоляции должен быть механически достаточно прочным и рассчитанным на 10-кратное рабочее напряжение выпрямленного тока;

на неизолированном полу. При этом преобразователи должны иметь сплошные или сетчатые индивидуальные ограждения высотой не менее 1,9 м. Двери ограждения должны иметь блокировку (4.3.22).

Вопрос. Какими должны быть расстояния по горизонтали при установке открытых преобразователей до 1 кВ на неизолированном полу в электропомещениях?

Ответ. Должны быть не менее:

от частей преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны, где не требуется обслуживание преобразователя, – 50 мм;

от частей одного преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных частей другого преобразователя, заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания – 1,5 м;

между заземленными частями разных преобразователей, а также от заземленных частей преобразователя до заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания – 0,8 м;

между частями, находящимися под напряжением, разных преобразователей со стороны обслуживания – 2,0 м (4.3.24).

Вопрос. Какое испытательное напряжение в установках с полупроводниковыми преобразователями должна выдерживать изоляция цепей, связанных с вентильными обмотками преобразовательных трансформаторов, цепей управления и «сеточной защиты», а также цепей, которые могут оказаться под потенциалом вентильных обмоток при пробое изоляции?

Ответ. Должна выдерживать в течение 1 мин следующее испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц:

номинальное напряжение цепей, В	60	220	500	выше 500
испытательное напряжение, кВ	1	1,5	2	$2{,}5U_{d0}+1$, но не менее 3

(U_{d0} – выпрямленное напряжение холостого хода).

В качестве номинального напряжения изоляции принимается наибольшее из номинальных напряжений (действующее значение), воздействующих на изоляцию в проверяемой цепи (4.3.29).

Охлаждение преобразователей

Вопрос. Какое устройство должен иметь воздуховод каждого преобразователя при воздушном охлаждении?

Ответ. Должен иметь заслонку (шибер), обеспечивающую прекращение подачи воздуха к преобразователю вне зависимости от подачи воздуха к другим преобразователям (4.3.33).

Вопрос. Какую систему следует применять при охлаждении преобразователей водой?

Ответ. Как правило, следует применять замкнутую циркуляционную систему (4.3.34).

Вопрос. Каковы требования Правил к трубопроводам, подводящим и отводящим охлаждающую воду при охлаждении преобразователей водой по проточной и циркуляционной системам?

Ответ. Должны быть изолированы от охладительной системы, имеющей потенциал преобразователя. Изоляция должна быть выполнена в виде изоляционных труб или шлангов между преобразователем и теплообменником (при циркуляционной системе) или между преобразователем и водопроводом (при проточной системе) (4.3.35).

Отопление, вентиляция и водоснабжение

Вопрос. Какую температуру должно обеспечивать отопление в холодное время при неработающем оборудовании?

Ответ. Должно обеспечивать температуру не ниже: в помещении преобразовательных агрегатов +16 °С, в помещениях теплообменников +10 °С. Во всех остальных помещениях должна быть обеспечена температура, указанная в санитарных нормах (4.3.41).

Вопрос. Какие системы вентиляции рекомендуется предусматривать?

Ответ. Рекомендуется предусматривать раздельные системы вентиляции для первого этажа, подвала и других изолированных помещений.

Допускается устройство общей системы вентиляции при наличии управляемых заслонок (шиберов), позволяющих прекратить подачу воздуха в отдельные помещения в случае пожара (4.3.45).

Вопрос. Какими устройствами должен быть оборудован водопровод?

Ответ. Должен быть оборудован сетчатыми фильтрами, исключающими попадание крупных включений в систему охлаждения преобразователей (4.3.47).

Строительная часть

Вопрос. Каковы требования настоящих Правил к обустройству стен и потолков помещений преобразователей?

Ответ. Стены должны быть оштукатурены и окрашены до потолка светлой масляной краской, а потолки – побелены (4.3.49).

Вопрос. Какие устройства следует предусматривать в перекрытиях и стенах помещений?

Ответ. Следует предусматривать монтажные люки или проемы для транспортировки тяжелого и громоздкого оборудования. Люки должны быть расположены в зоне действия грузоподъемного устройства. Перекрытие люка должно иметь ту же степень огнестойкости, что и перекрытие помещения, в котором люк расположен (4.3.51).

Вопрос. Чем должны быть отделены кабельные туннели, входящие в здания преобразовательных подстанций или помещения преобразовательных установок, в местах их примыкания к зданиям (помещениям)?

Ответ. Должны быть отделены перегородками, имеющими предел огнестойкости 0,75 ч, и дверями, имеющими предел огнестойкости не менее 0,6 ч. Двери должны открываться в сторону помещения ПС (установки) и иметь самозапирающийся замок, отпираемый без ключа со стороны туннеля (4.3.53).

Раздел 5

ЭЛЕКТРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Глава 5.1. ЭЛЕКТРОМАШИННЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Область применения

Вопрос. На устройство каких электромашинных помещений распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на устройство электромашинных помещений (ЭМП), в которых устанавливается только электрооборудование, указанное в п. 5.1.12 Правил, а также относящееся к нему вспомогательное оборудование. Отдельные виды электрооборудования в ЭМП могут отсутствовать (5.1.1).

Общие требования

Вопрос. Согласно каким нормативам определяется категория по взрывопожарной и пожарной опасности ЭМП, а также входящих в состав ЭМП помещений (ПС, камер, конденсаторных и аккумуляторных установок, кабельных сооружений и т. п.)?

Ответ. Определяется согласно действующим нормам по определению категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности или ведомственным перечням категорий помещений и зданий (5.1.4).

Вопрос. Какими видами связи оборудуются ЭМП?

Ответ. Оборудуются телефонной связью, а также другими видами связи и сигнализации, если они требуются по условиям работы (производственная, громкоговорящая связь, охранная сигнализация). Автоматическая пожарная сигнализация и автоматическое пожаротушение предусматриваются в кабельных сооружениях и в электротехнических помещениях согласно перечню зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией и указаниям по проектированию (5.1.6).

Вопрос. Как выполняется размещение электрооборудования в ЭМП?

Ответ. Выполняется с учетом возможности использования средств механизации для проведения электромонтажных работ и использования грузоподъемных и транспортных устройств при ремонте и техническом обслуживании электрооборудования (5.1.7).

Вопрос. Какими устройствами оборудуются ЭМП?

Ответ. Оборудуются устройствами для продувки электрооборудования сухим, чистым, сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа от передвижного компрессора или от сети сжатого воздуха с фильтрами и осушителями. ЭМП также оборудуются промышленными передвижными пылесосами для сбора пыли (5.1.9).

Вопрос. Какие специальные помещения предусматриваются в ЭМП с постоянным дежурным персоналом?

Ответ. Предусматриваются специальные помещения, оборудованные необходимыми средствами сигнализации и связи, с поддержанием оптимальных параметров воздушной среды согласно санитарно-гигиеническим требованиям, санузел для обслуживающего персонала.

В ЭМП, отнесенных к категориям В1–В3, указанные помещения отделяются от ЭМП противопожарными перегородками 1-го типа с пределом огнестойкости *EI* 45 и перекрытиями 3-го типа с пределом огнестойкости *REI* 45 согласно строительным нормам по пожарной безопасности зданий и сооружений и обеспечиваются выходами, минуя ЭМП (5.1.10).

Размещение и установка электрооборудования

Вопрос. Какое электрооборудование и аппараты могут устанавливаться в ЭМП?

Ответ. Могут устанавливаться:

электрические машины;

электромашинные преобразовательные агрегаты;

пусковые и пускорегулирующие устройства для электрических машин до 1 кВ и выше (автотрансформаторы, реакторы, реостаты и т. п.), в том числе маслонаполненные при массе масла до 600 кг в единице;

масляные трансформаторы КТП и другое маслонаполненное электрооборудование с массой масла до 2 т в единице, имеющее герметизацию баков, а также газовую защиту или реле давления (для трансформаторов и автотрансформаторов), работающие на сигнал. Допускается совместная установка в группе не более двух трансформаторов КТП при расстоянии между соседними группами не менее 10 м;

трансформаторы сухие или наполненные негорючими жидкостями;

статические преобразователи и комплектные электроприводы;

управляющие программируемые устройства;

щиты открытые, щиты защищенные, щиты резисторов;

реакторы сухие и автоматические выключатели;

КРУ до 1 кВ и выше;

батареи конденсаторов;

аккумуляторные батареи закрытого типа при условии устройства вытяжного приспособления или зарядки в специальных помещениях или шкафах;

неизолированные и изолированные токопроводы до 1 кВ и выше;

устройства для водяного охлаждения электрооборудования, поставляемого комплектно с ним (5.1.12).

Вопрос. С учетом каких условий выполняются проходы при установке щитов напряжением до 1 кВ переменного и до 1,5 кВ постоянного тока?

Ответ. Проходы выполняются с учетом следующего.

1. Ширина проходов в свету принимается не менее 1 м, высота проходов в свету – не менее 2 м. В проходах не размещаются предметы, которые могли бы стеснить передвижение людей и оборудования. В отдельных местах проходы могут быть сужены выступающими строительными конструкциями, однако ширина прохода в этих местах должна быть не менее 0,6 м на длине по размеру колонны, но не более 1 м.

2. Расстояния от наиболее выступающих неизолированных токоведущих частей, расположенных на высоте менее 2,5 м по одну сторону прохода, до противоположной стены или до оборудования, не имеющего неизолированных токоведущих частей, принимаются не менее:

при напряжении ниже 0,66 кВ – 1,0 м при длине щита до 7 м и 1,2 м при длине щита более 7 м;

при напряжении 0,66 кВ и выше – 1,5 м.

Длиной щита в данном случае называется длина сплошного фронта щитов (шкафов) вдоль прохода между двумя рядами щитов (шкафов) или между одним рядом и стеной.

3. Расстояния между неизолированными токоведущими частями, расположенными на высоте менее 2,5 м по обе стороны прохода:

при напряжении ниже 0,66 кВ – 1,5 м;

при напряжении 0,66 и выше – 2,0 м.

4. При расстояниях, меньших приведенных в пп. 2 и 3, неизолированные токоведущие части ограждаются. Расстояния от неизолированных токоведущих частей до ограждения принимаются не менее указанных в гл. 4.1 Правил.

5. Неизолированные токоведущие части, размещаемые над проходами, располагаются на высоте не менее 2,5 м.

Ограждения, размещаемые над проходами, располагаются на высоте не менее 2 м.

6. В качестве ограждения неизолированных токоведущих частей могут служить сетки с ячейками размерами не более 25×25 мм, а также сплошные или смешанные ограждения. Высота ограждений – не менее 1,7 м.

7. Проходы у щитов, имеющих открытые токоведущие части, при длине щита более 7 м имеют два выхода. Выходы из прохода с обеих сторон щита могут быть выполнены: в ЭМП, в другие помещения, наружу. При ширине прохода более 3 м второй выход может не выполняться.

Рекомендуется предусматривать поперечные проходы при длине непрерывного ряда щитов более 15 м (5.1.16).

Вопрос. Какой принимается ширина проходов между фундаментами или корпусами электрических машин, между машинами и частями здания или оборудования?

Ответ. Принимаются не менее 1 м в свету; допускаются местные сужения проходов между выступающими частями машин и строительными конструкциями до 0,6 м на длине не более 1,0 м (5.1.17).

Вопрос. Каким принимается расстояние в свету между корпусом электрической машины и стеной здания, между корпусами рядом стоящих машин, при наличии прохода с другой стороны машин?

Ответ. Принимается не менее 0,3 м при высоте машин до 1 м от уровня пола и не менее 0,6 м при высоте машин более 1 м (5.1.18).

Вопрос. Какой принимается ширина прохода между электрическими машинами и фасадом (лицевой стороной обслуживания) щита или пульта управления?

Ответ. Принимается не менее 1,5 м. При установке щитов в шкафу это расстояние выбирается от машины до закрытой двери или стенки шкафа.

Ширина прохода между корпусом электрической машины и торцом щита или пульта управления должна быть не менее 1 м (5.1.19).

Вопрос. Какой принимается ширина прохода между рядом шкафов с электрооборудованием напряжением до 1 кВ и частями здания или оборудования?

Ответ. Принимается равной ширине двери плюс 0,6 м, но не менее 1 м. При двухрядном расположении шкафов ширина прохода между ними принимается равной ширине двух дверей плюс 0,6 м, но не менее 1,2 м.

При длине непрерывного ряда шкафов до 7 м проход между шкафами и частями здания или оборудования допускается принимать равным ширине двери плюс 0,4 м, но не менее 1 м, а при двухрядном расположении шкафов – ширине двух дверей плюс 0,1 м, но не менее 1, 2 м (5.1.21).

Вопрос. Какой принимается ширина прохода между щитами, имеющими открытые токоведущие части напряжением ниже 0,66 кВ, и рядом шкафов с электрооборудованием (до закрытой двери или стенки шкафа)?

Ответ. Принимается не менее 1,5 м.

Для щитов напряжением от 0,66 до 1 кВ переменного тока и 1,5 кВ постоянного тока ширина проходов должна быть не менее 2 м (5.1.22).

Вопрос. Какими принимаются масса масла и расстояние в свету между камерами при расположении в ЭМП маслонаполненного электрооборудования в закрытых камерах с выкаткой внутрь ЭМП?

Ответ. Масса масла в оборудовании, установленном в одной камере или в группе смежных камер, принимается не более 6,5 т, а расстояние в свету между двумя камерами или группами камер – не менее 50 м.

Если это расстояние не может быть выдержано или если масса масла в одной камере или группе смежных камер более 6,5 т, то маслонаполненное электрооборудование размещается в камерах с выкаткой наружу или в коридор, специально предназначенный для этой цели и имеющий строительные конструкции с пределом огнестойкости не менее *REI* 45, *EI* 45, либо в производственное помещение категории В4, Г и Д (5.1.26).

Вопрос. Каковы требования по размещению в ЭМП трансформаторов сухих или с негорючим диэлектриком?

Ответ. Их мощность, количество, расстояние между ними и этаж установки не ограничиваются (5.1.27).

Устройство электромашинных помещений

Вопрос. Какой принимается отметка верхней поверхности фундаментных плит электрических машин, не связанных с технологическим оборудованием, – преобразовательных, возбудительных, зарядных агрегатов и т. п.?

Ответ. Принимается выше отметки чистого пола не менее чем на 50 мм. Отметка верхней поверхности фундаментных плит электрических машин, связанных с технологическим оборудованием, определяется указаниями, предъявляемыми к его установке (5.1.28).

Вопрос. В каких случаях вокруг электрической машины предусматривается несгораемая площадка?

Ответ. В случаях, когда верхняя отметка фундаментной плиты электрической машины находится выше или ниже отметки пола ЭМП более чем на 0,4 м (допускается до 0,6 м), вокруг электрической машины предусматривается несгораемая площадка шириной не менее 0,6 м для обслуживания электрической машины. Площадки обслуживания, расположенные на высоте до 2 м над уровнем пола, ограждаются перилами, а на высоте более 2 м – перилами и бортовыми барьерами. Для входа на площадки предусматриваются лестницы с поручнями (5.1.29).

Вопрос. Какие площадки предусматриваются для производства монтажных и ремонтных работ (за исключением электро- и газосварочных)?

Ответ. Предусматриваются специальные монтажные площадки (или свободные площадки между оборудованием), рассчитанные на максимально возможную нагрузку от оборудования и расположенных в зоне действия грузоподъемных устройств.

Внешние контуры пола монтажной площадки обозначаются краской или выделяются плиткой, отличающейся по цвету от других частей пола.

Участки ЭМП, по которым транспортируется оборудование напольными устройствами, рассчитывается на суммарную нагрузку от массы оборудования и транспортного устройства. Контуры этих участков обозначаются краской или выделяются плиткой.

Размеры монтажных площадок определяются по габариту наибольшей детали (в упаковке), для размещения которой они предназначены, с запасом в 1 м на сторону. Места установки стоек для размещения якорей (роторов) крупных электрических машин на монтажных площадках рассчитываются на нагрузку от массы этих якорей (роторов) и стоек и имеют отличительную окраску. На монтажных площадках наносятся надписи с указанием значений наибольшей допустимой нагрузки (5.1.30).

Вопрос. Каким принимается расстояние в свету между транспортируемыми элементами оборудования и элементами здания или оборудования?

Ответ. Принимаются не менее 0,3 м по вертикали и 0,3 м с обеих сторон по горизонтали с учетом размеров транспортных устройств (5.1.32).

Вопрос. На какой высоте от уровня пола цеха выполняется уровень пола ЭМП?

Ответ. Выполняется, как правило, не менее чем на 50 мм выше уровня пола цеха. Допускается выполнять пол этажа на одном уровне с полом цеха (5.1.35).

Вопрос. Какой должна быть высота ЭМП?

Ответ. Высота ЭМП должна быть не менее высоты электрооборудования, считая от выступающих частей, плюс 0,8 м – до потолка и 0,3 м – до балок (5.1.37).

Вопрос. Как располагаются выходы из ЭМП?

Ответ. Располагаются рассредоточенно, так, чтобы не было тупиков в ЭМП длиной более 25 м. Длина пути от наиболее удаленного места нахождения обслуживающего персонала до ближайшего выхода из ЭМП принимается не более 75 м (5.1.39).

Вопрос. Какими должны быть размеры дверей?

Ответ. Ширина дверей – не менее 0,75 м, высота – не менее 1,9 м (5.1.40).

Вопрос. Какое максимальное количество кабелей может быть открыто проложено на любом этаже ЭМП, в том числе подвальном, на котором размещается электрооборудование?

Ответ. В наиболее загруженном поперечном сечении этажа ЭМП может быть открыто проложено (с учетом указаний гл. 2.3 Правил) не более 350 кабелей, в том числе 200 силовых.

Если необходимо проложить большее число кабелей, то для прокладки всех либо части кабелей предусматривается выполнение специального кабельного сооружения (этажа, туннеля, кабельного канала, двойного пола и т. п.). Эти кабельные сооружения выполняются согласно указаниям гл. 2.3 Правил (5.1.41).

Вопрос. В каких случаях в ЭМП предусматривается отопление?

Ответ. Предусматривается в ЭМП с электрооборудованием, эксплуатация которого недопустима при пониженных температурах. Минимальная температура в холодное время при неработающем оборудовании принимается не ниже +5 °С, а в помещении теплообменников – +10 °С (5.1.50).

Вопрос. Как выполняются здания ЭМП в местностях с загрязненным воздухом?

Ответ. Выполняются таким образом, чтобы обеспечивалась возможность попадания в них только очищенного воздуха. Для этого входы оборудуются тамбурами, а двери, ворота и другие проемы – уплотнениями. Эти здания рекомендуется выполнять без окон и аэрационных фонарей или с пыленепроницаемыми световыми проемами, например, с заполнением стеклоблоками. Воздух, вводимый в ЭМП системами общеобменной вентиляции, подвергается предварительной очистке от пыли.

Система общеобменной вентиляции ЭМП препятствует поступлению неочищенного воздуха в помещение. Для этой цели в ЭМП поддерживается избыточное давление (подпор) (5.1.52).

Вопрос. Где размещается вентиляционное оборудование общеобменной вентиляции ЭМП, а также смежных помещений (например, маслоподвалов)?

Ответ. Размещается, как правило, вне ЭМП. Допускается размещать в ЭМП вентиляционное оборудование электрических машин, установленных в ЭМП (5.1.54).

Вопрос. В какие цвета окрашиваются стены и вентиляционные каналы в ЭМП?

Ответ. Стены ЭМП до высоты не менее 2 м окрашиваются светлой масляной краской, а остальная поверхность – светлой клеевой краской в соответствии с указаниями по рациональной цветовой отделке производственных помещений. Вентиляционные каналы, в том числе каналы в фундаментах машин, по всей внутренней поверхности окрашиваются светлой негорючей краской или облицовываются, например, глазурованными плитками, исключающими выделение пыли при движении воздуха.

Отделка и облицовка (включая окраску) ограждающих конструкций путей эвакуации сгораемыми материалами не допускается (5.1.55).

Вопрос. Какие фундаменты допускается использовать в качестве опор для перекрытия подвала ЭМП?

Ответ. Допускается использовать фундаменты машин при соблюдении указаний строительных норм на проектирование фундаментов машин с динамическими нагрузками (5.1.57).

Вопрос. Допускается ли сквозной проход через ЭМП трубопроводов, содержащих горючие газы и жидкости?

Ответ. Не допускается. В ЭМП разрешается прокладывать только трубопроводы, непосредственно относящиеся к установленному в них оборудованию (отоплению). Трубопроводы в ЭМП выполняются с минимальным количеством сварных соединений, без фланцев, вентилей и т. п.

Допускается прокладка транзитных трубопроводов, не содержащих горючих газов и жидкостей, в сплошном водонепроницаемом кожухе.

Холодные трубопроводы обеспечиваются защитой от отпотевания. Горячие трубопроводы выполняются с тепловой несгораемой изоляцией в тех местах, где это необходимо для защиты персонала или оборудования.

На трубопроводы наносится отличительная окраска (5.1.65).

Вопрос. Каковы требования Правил по обеспечению пожаробезопасности помещений ЭМП?

Ответ. Помимо первичных средств пожаротушения, если это требуется, предусматривается внутренний противопожарный водопровод. Прокладку труб противопожарного водопровода и установку пожарных кранов следует, как правило, предусматривать на первом этаже вне пределов ЭМП с расположением пожарных кранов у всех выходов из ЭМП и на лестничных клетках.

В пределах ЭМП в защитных оболочках могут проходить трубы ответвлений от магистрали к пожарным кранам, устанавливаемым на других этажах, в том числе подвальном этаже ЭМП (5.1.68).

Смазка подшипников электрических машин

Вопрос. При каком условии рекомендуется объединять системы циркуляционной смазки электрических машин и технологического оборудования?

Ответ. Рекомендуется объединять, если применяемый сорт масла пригоден для тех и других и если технологические механизмы не являются источником засорения масла металлической пылью, водой или другими вредными примесями (5.1.70).

Вопрос. Где устанавливается оборудование централизованных систем смазки, в том числе предназначенных только для электрических машин?

Ответ. Устанавливается вне ЭМП (5.1.71).

Вопрос. Какими приборами снабжается система смазки электрических машин мощностью более 1 МВт?

Ответ. Снабжается указателями уровня масла и приборами контроля температуры масла и подшипников, при необходимости – давления масла, а при наличии циркуляционной системы смазки, кроме того, – приборами контроля протекания масла (5.1.72).

Вопрос. Как могут прокладываться трубопроводы масла к подшипникам?

Ответ. Могут прокладываться открыто или в каналах со съемными покрытиями из негорючих материалов, исключая кабельные сооружения. В необходимых случаях допускается прокладка трубопроводов в сплошной маслонепроницаемой оболочке, а также скрытая прокладка трубопроводов в земле или в бетоне.

Диафрагмы и вентили устанавливаются непосредственно у мест подвода смазки к подшипникам электрических машин (5.1.73).

Вопрос. Каковы требования Правил к изоляции труб, подводящих масло к подшипникам, электрически изолированным от фундаментов плиты?

Ответ. Электрически изолируются от подшипников и других деталей машин. Каждая труба выполняется не менее чем с двумя изоляционными промежутками либо с изолирующей вставкой длиной не менее 0,1 м (5.1.74).

Глава 5.2. ГЕНЕРАТОРЫ И СИНХРОННЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ

Область применения

Вопрос. На какое оборудование распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на стационарную установку в специальных помещениях (машинных залах) или на открытом воздухе генераторов тепловых, газотурбинных, дизельных, гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций, а также синхронных компенсаторов.

Общие требования

Вопрос. Какими системами должны быть оборудованы генераторы и синхронные компенсаторы?

Ответ. Должны быть оборудованы: системами технологического контроля; системами охлаждения и смазки; системами возбуждения; системой пожаротушения; контрольно-измерительными приборами; устройствами управления и автоматики; устройствами управления, защиты и сигнализации; АГП, защитой ротора от перенапряжений; АРВ.

Генераторы мощностью 50 МВт и более и синхронные компенсаторы с водородным охлаждением должны быть оборудованы устройствами дистанционного контроля вибрации.

Генераторы мощностью 300 МВт и более должны быть оборудованы регистраторами аварийных ситуаций с записью предварительного процесса.

Генератор и его вспомогательные системы, как правило, должны обеспечивать автоматизированное дистанционное управление пуском-остановом и работать от систем автоматического управления или АСУ ТП.

При необходимости может быть предусмотрено также дистанционное и местное ручное управление.

Генераторы и синхронные компенсаторы должны быть оснащены системой автоматического контроля.

Генераторы мощностью 50 МВт и более и синхронные компенсаторы мощностью 50 МВА и более рекомендуется оснащать системой диагностики.

Системы контроля и диагностики должны обеспечивать их стыковку с информационными или управляющими системами (5.2.4).

Вопрос. Каковы требования Правил в части изоляции подшипников и уплотнений валов генераторов и синхронных компенсаторов?

Ответ. Подшипники генераторов и синхронных компенсаторов, корпуса масляного уплотнения вала, маслоуловители (в машинах с водородным охлаждением) со стороны, противоположной приводу, подшипники непосредственно присоединенных возбудителей и подвозбудителей, а также водоподводы к валу должны быть электрически изолированы от фундаментных плит и водо- и маслопроводов.

У синхронного компенсатора с непосредственно присоединенным возбудителем допускается изолировать только один подшипник (со стороны, противоположной возбудителю).

Указанная изоляция должна быть выполнена таким образом, чтобы она могла контролироваться в процессе работы машины. Кроме того, должен быть предусмотрен дистанционный контроль заземления вала паровой турбины (5.2.7).

Охлаждение и смазка

Вопрос. Какие устройства должны применяться при использовании для охлаждения морской или агрессивно действующей воды?

Ответ. Должны применяться газоохладители, теплообменники и маслоохладители, трубопроводы и арматура к ним, выполненные из коррозионно-стойких материалов (5.2.8).

Вопрос. Какие требования предъявляются к конструкциям теплообменных аппаратов с водяным охлаждение, включая трубопроводы и арматуру к ним, и к их компоновке?

Ответ. Должны обеспечивать полное и постоянное заполнение водой и отсутствие в них застойных зон во всех режимах работы, включая длительный останов, а также возможность полного удаления воды при ремонтах и исключать образование воздушных пробок при заполнении системы водой.

Для синхронных компенсаторов, устанавливаемых на открытом воздухе, должна предусматриваться возможность слива воды из охлаждающей системы при остановке агрегата (5.2.9).

Вопрос. Какие мероприятия должны быть выполнены для генераторов с замкнутой системой воздушного охлаждения?

Ответ. Должны быть выполнены следующие мероприятия:

камеры холодного и горячего воздуха должны иметь плотно закрывающиеся остекленные смотровые лючки и в необходимых случаях должны быть оборудованы лестницами;

двери камер холодного и горячего воздуха должны быть стальными, плотно закрывающимися, открывающимися наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны камеры;

внутри камер холодного и горячего воздуха должно быть оборудовано освещение с выключателями, вынесенными наружу;

короба горячего воздуха, а также конденсаторы и водопроводы паровых турбин, если они находятся в камерах охлаждения, должны быть покрыты

тепловой изоляцией во избежание подогрева холодного воздуха и конденсации влаги на поверхности труб;

в камерах холодного воздуха должны быть устроены кюветы для удаления сконденсировавшейся на воздухоохладителях воды. В дверях камер холодного воздуха генераторов должен быть выполнен организованный присос воздуха через фильтр, который устанавливается в области разряжения (после воздухоохладителя);

корпус, стыки, воздуховод и другие участки генераторов должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в замкнутую систему вентиляции;

стены камер и воздушных коробов должны быть плотными, иметь покрытие светлых тонов, не поддерживающее горение. Стены и полы камер, фундаменты должны иметь покрытие, не допускающее образование пыли;

для снижения уровня шума открытые части вала турбогенераторов, а при необходимости и другие элементы конструкции должны быть закрыты разборными шумозащитными кожухами. При этом должен быть обеспечен доступ к узлам, требующим текущего обслуживания, освещение и вентиляция внутреннего объема кожухов;

для гидрогенераторов напорный и сливной коллекторы охлаждающей воды, крышки охладителей с патрубками должны быть защищены снаружи тепловой изоляцией;

для исключения увлажнения изоляции обмоток генератора, в случае необходимости, при его длительном останове должны предусматриваться подогреватели для обогрева обмоток, включаемые вручную или автоматически;

турбогенераторы с воздушной системой охлаждения должны быть оборудованы системой наддува или другими конструктивными решениями, обеспечивающими избыточное давление воздуха в зоне уплотнения вала, системой осушки охлаждающего воздуха испарительного типа, дренажными устройствами для слива воды из корпуса генератора, контрольно-измерительными приборами, предупредительной сигнализацией и защитами, действующими при неисправностях систем охлаждения и систем смазки (5.2.11).

Вопрос. Какими установками должны быть оборудованы турбогенераторы и синхронные компенсаторы с водородным охлаждением?

Ответ. Должны быть оборудованы:

установкой централизованного снабжения водородом от электролизеров, газопроводами подпитки газом и приборами контроля за параметрами газа (давление, чистота и др.) в генераторе и синхронном компенсаторе. Для подачи водорода от газовых резервуаров в машинный зал предусматривается одна магистраль (при необходимости могут быть проложены две). Схема газопроводов выполняется кольцевой секционированной. Для синхронных компенсаторов выполняется одна магистраль. При применении баллонов с водородом должна быть предусмотрена механизация погрузки и разгрузки баллонов. Для предупреждения образования взрывоопасной газовой смеси на посту газового управления должна быть предусмотрена съемная перемычка для создания видимого разрыва на линиях подачи водорода и воздуха в корпус машины. Защита от повышения давления газа

в корпусе машины должна быть обеспечена установкой предохранительного клапана;

установкой централизованного снабжения инертным газом (углекислым газом или азотом) для вытеснения водорода или воздуха из генератора (синхронного компенсатора), для продувки и тушения пожара в сливном масляном баке турбины, в опорных подшипниках генератора и в токопроводах. При применении баллонов с инертным газом должна быть предусмотрена механизация погрузки и разгрузки баллонов;

конструкцией турбогенератора должна быть предусмотрена возможность экстренной эвакуации водорода и подачи инертного газа в корпус машины при возникновении пожара;

трубопроводами подачи сжатого воздуха давления не менее 0,2 Мпа от воздухопроводной распределительной сети электростанции или ПС. На линиях подачи воздуха в машину должен быть предусмотрен фильтр и осушитель воздуха;

основным и резервным источниками маслоснабжения, а турбогенераторы, кроме того, – аварийными источниками маслоснабжения подшипников и уплотнений вала, демпферными баками для питания уплотнений вала маслом в течении времени, необходимого для аварийного останова генератора со срывом вакуума турбины. Резервный и аварийный источники маслоснабжения должны автоматически включаться в работу при отключении рабочего источника маслоснабжения, а также при снижении давлении масла;

автоматическими регуляторами давления масла на масляных уплотнениях турбогенератов. В схеме маслоснабжения обходные вентили регуляторов должны быть регулировочными, а не запорными – для исключения бросков давления масла при переходах с ручного регулирования на автоматическое и обратно;

устройствами для осушки водорода, включенными в контур циркуляции водорода в генераторе или синхронном компенсаторе;

предупредительной сигнализацией и защитами, действующими при неисправности газомасляной системы водородного охлаждения и отклонения ее параметров (давления, чистоты водорода, перепада давления масло-водород) от заданных значений;

контрольно-измерительными приборами, в том числе газоанализаторами контроля наличия водорода в картерах подшипников, сливных маслопроводах воздушной стороны уплотнений вала, токопроводах линейных и нулевых выводов турбогенератора; устройствами автоматики для контроля и управления газомасляной системой водородного охлаждения (давления водорода, перепада масло-водород и давления углекислого газа или азота). При этом не допускается размещение газовых и электрических приборов на одной закрытой панели;

вентиляционными установками в местах возможного скопления газа внутри главного масляного бака, сливных маслопроводов подшипников генераторов и т. д. В фундаментах турбогенераторов и синхронных компенсаторов не должно быть замкнутых пространств, в которых возможно скопление водорода. При наличии объемов, ограниченных строительными конструкциями (балки, ригели и др.), в которых возможно скопление водо-

рода, из наиболее высоких точек этих объемов должен быть обеспечен свободный выход водорода вверх (например, путем закладки труб). Вентиляционные отверстия (жалюзи) должны быть предусмотрены также в верхних точках экранированных токопроводов и кожухов линейных и нулевых выводов турбогенераторов;

дренажными устройствами для слива воды и масла из корпуса. Система дренажа должна исключать возможность перетока горячего газа в отсеки холодного газа;

указателями появления жидкости в корпусе турбогенератора (синхронного компенсатора) (5.2.12).

Вопрос. Какими устройствами должны быть оборудованы генераторы с непосредственным жидкостным (дистиллятом или негорючим изоляционным маслом) или комбинированным охлаждением обмоток и других конструктивных элементов машины?

Ответ. Должны быть оборудованы:

трубопроводами, арматурой и аппаратами системы жидкостного охлаждения, выполненными из коррозионностойких материалов;

основным и резервным электронасосными агрегатами. Резервный насос должен автоматически включаться в работу при отключении рабочего насоса, а также при снижении давления жидкости;

основным и резервным механическими и магнитными фильтрами, а генераторы с водяным охлаждением обмоток, кроме того, – ионообменными фильтрами для очистки дистиллята от газовых включений и солей;

расширительными баками. Бак статорного, а в системах с закрытым сливом, и роторного контуров должен обеспечивать защиту жидкости от воздействия внешней среды;

основным и резервным теплообменником для охлаждения жидкости. В качестве первичной охлаждающей воды в теплообменниках должны применяться: для гидрогенераторов – техническая вода, для турбогенераторов – конденсат от конденсатных насосов турбины и как резерв – техническая вода от циркуляционных насосов газоохладителей генераторов;

установками для получения дистиллята и заполнения им систем водяного охлаждения обмоток гидрогенераторов;

для однотипных турбогенераторов с масляным охлаждением – общей системой маслохозяйства и общей системой подготовки дегазированного негорючего масла, включающей котел-дегазатор, насосы контура дегазации, вакуум-насосы, конденсаторы поверхностного охлаждения вакуума, аппаратуру управления и контроля;

предупредительной сигнализацией и защитой, действующей при неисправностях системы жидкостного охлаждения и отклонениях ее параметров от заданных значений;

контрольно-измерительными приборами, устройствами автоматики для контроля и управления системой жидкостного охлаждения;

дренажными устройствами для слива жидкости из корпуса турбогенератора;

указателями появления жидкости в корпусе турбогенератора с водяным охлаждением обмоток, а также внутри маслоотделительного цилиндра;

устройствами обнаружения утечки водорода в тракт водяного охлаждения обмоток статора (для машин с водо-водородным охлаждением);

контрольными трубками с кранами, выведенными наружу из высших точек сливного и напорного коллекторов дистиллята, для удаления воздуха из системы водяного охлаждения обмотки статора во время заполнения ее дистиллятом;

предохранительными клапанами для защиты корпуса турбогенератора от повышения давления охлаждающего статор негорючего масла, а также баком для приемки масла при срабатывании указанных клапанов;

устройствами аварийного слива негорючего масла из статора и маслосистемы и подачи азота внутрь опорожненного статора (5.2.13).

Вопрос. Чем должны быть оборудованы турбогенераторы с полным водяным охлаждением обмоток и других конструктивных узлов?

Ответ. Должны быть оборудованы:

системой нагнетательной вентиляции с установкой наружных вентиляторов и фильтров для подачи внутрь генератора очищенного воздуха из машзала;

дренажными устройствами из лабиринтных уплотнений;

предохранительными клапанами, установленными в верхней части торцевых щитов (5.2.14).

Вопрос. Какие устройства следует установить в каждой системе трубопроводов, подводящих воду к газоохладителям, теплообменникам и маслоохладителям?

Ответ. Следует установить фильтры. При этом должна быть предусмотрена возможность их очистки и промывки без нарушения нормальной работы генератора или синхронного компенсатора (5.2.15).

Вопрос. Какие устройства должна иметь каждая секция газоохладителей и теплообменников?

Ответ. Должна иметь задвижки для отключения ее от напорного и сливного коллекторов и для распределения воды по отдельным секциям.

На общем трубопроводе, отводящем воду из всех секций охладителей каждого генератора (синхронного компенсатора), должно быть установлено электрифицированное регулирующее устройство (с сигнализацией положения клапана) для изменения расхода воды через все секции охладителя (5.2.16).

Каждая секция газоохладителей и теплообменников в самой высокой точке должны иметь краны для выпуска воздуха (5.2.17).

Вопрос. Что должно быть предусмотрено в системе охлаждения газа или воздуха турбогенераторов и синхронных компенсаторов?

Ответ. Должно быть предусмотрено регулирование температуры охлаждающей воды при помощи рециркуляционных устройств (5.2.18).

Вопрос. Что должно быть предусмотрено в схеме подачи охлаждающей воды?

Ответ. Должно быть предусмотрено автоматическое включение резервного насоса при отключении работающего, а также при снижении давления охлаждающей воды. У синхронных компенсаторов должно быть предусмотрено резервное питание от постоянно действующего надежного источника охлаждающей воды (система технической воды, баки и т. п.) (5.2.19).

Вопрос. Какие устройства должны устанавливаться на питающих трубопроводах технического водоснабжения с разомкнутым циклом циркуляции?

Ответ. Должны устанавливаться показывающие расходомеры. В турбогенераторах с замкнутым контуром газоохладителей и теплообменников должны быть предусмотрены расходомеры с сигнальным органом (5.2.20).

Вопрос. Какие устройства должны быть предусмотрены на месте установки насосов газоохладителей, теплообменников, маслоохладителей и фильтров механической очистки охлаждающей воды?

Ответ. Должны быть предусмотрены манометры на напорном коллекторе и на насосах, на входе и выходе воды из фильтров (5.2.21).

Вопрос. Какие приборы должны быть установлены на общем напорном и каждом сливном трубопроводах газоохладителей, теплообменников и маслоохладителей?

Ответ. Должны быть установлены ртутные термометры и термопреобразователи сопротивления (5.2.22).

Вопрос. Каким требованиям должны удовлетворять газовые системы турбогенераторов и синхронных компенсаторов?

Ответ. Должны удовлетворять требованиям безопасной эксплуатации водородного охлаждения и проведения операций при замене охлаждающей среды в нормальных и аварийных условиях (5.2.23).

Вопрос. Из каких труб должны выполняться трубопроводы газовой сети и системы маслоснабжения подшипников и уплотнений вала?

Ответ. Должны выполняться из цельнотянутых труб с применением газо- и гидроплотной арматуры. Трубопроводы должны быть доступны для осмотра и ремонта и иметь защиту от механических повреждений (5.2.24).

Вопрос. Чем должны быть оборудованы подшипники турбогенераторов?

Ответ. Должны быть оборудованы резервными емкостями для снабжения подшипников маслом на выбеге агрегата в случае аварийного отключения всех масонасосов (5.2.25).

Вопрос. Что следует устанавливать на каждом маслопроводе электрически изолированных подшипников турбогенераторов, синхронных компенсаторов и горизонтальных гидрогенераторов?

Ответ. Следует устанавливать последовательно два электрически изолированных фланцевых соединения (5.2.26).

Вопрос. Какими устройствами должны быть оборудованы щеточно-контактные аппараты турбогенераторов?

Ответ. Должны быть оборудованы легкосъемными щеточными блоками, принудительной воздушной вентиляцией и снабжены устройствами непрерывного контроля (теплового или иного) за их состоянием (5.2.28).

Системы возбуждения

Вопрос. Что называется системой возбуждения?

Ответ. Называется совокупность оборудования, аппаратов и устройств, объединенных соответствующими цепями, которая обеспечивает необходимое возбуждение автоматически регулируемым постоянным током генераторов и синхронных компенсаторов в нормальных и аварийных режимах, предусмотренных ГОСТ и техническими условиями (5.2.32).

Вопрос. Какие элементы входят в систему возбуждения генератора (синхронного компенсатора)?

Ответ. Входят: возбудитель, (трансформатор с преобразователем, генератор переменного тока с преобразователем, генератор постоянного тока); АРВ и системы регулирования возбуждения; коммутационная аппаратура; устройства гашения поля, форсировки и развозбуждения; устройства защиты ротора; устройство начального возбуждения; средства защиты оборудования системы возбуждения от внутренних повреждений; контрольно-измерительная аппаратура; аппаратура автоматики управления системой возбуждения и сигнализации; устройства и аппаратура системы охлаждения возбудителей (5.2.32).

Вопрос. Какими устройствами должны быть оборудованы системы возбуждения?

Ответ. Должны быть оборудованы устройствами управления, защиты, сигнализации и контрольно-измерительными приборами в объеме, обеспечивающем как ручной дистанционный, так и автоматический пуск (в том числе через АСУ ТП), работу во всех режимах, а также гашение поля и останов генератора и синхронного компенсатора (5.2.35).

Вопрос. Какие функции должен обеспечивать регулятор системы возбуждения генераторов газотурбинных установок и обратимых агрегатов?

Ответ. Должен обеспечивать регулирование возбуждения при частотном пуске и при работе генератора в режиме двигателя (5.2.36).

Вопрос. Какими аппаратами защиты и сигнализации должны быть оборудованы выпрямительные установки систем возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов с принудительным охлаждением (водяным или воздушным)?

Ответ. Должны быть оборудованы сигнализацией и защитами, действующими при повышении температуры охлаждающей среды или вентилей сверх допустимой либо при снижении расхода охлаждающей среды.

Выпрямительная установка должна иметь приборы контроля выпрямленного тока и выпрямленного напряжения. При наличии в выпрямительной установке нескольких групп выпрямителей должен контролироваться выпрямленный ток каждой группы (5.2.37).

Вопрос. Какими устройствами контроля изоляции должны быть оборудованы системы возбуждения?

Ответ. Должны быть оборудованы устройствами контроля изоляции, позволяющими осуществлять измерение изоляции в процессе работы, а также сигнализировать о снижении сопротивления изоляции ниже нормы. Допускается до разработки соответствующих систем не выполнять такую сигнализацию для бесщеточных систем возбуждения (5.2.38).

Вопрос. Какие кабели должны применяться при кабельных связях источников питания возбудителей с преобразователями, питающими ротор генератора?

Ответ. Должны применяться кабели без металлической оболочки. Кабели или шины питания этих преобразователей не должны проходить сквозь замкнутые металлические конструкции; конструкции для крепления шин и кабелей должны быть выполнены из немагнитных материалов.

В цепи питания преобразователей жилы в параллельных трехфазных кабелях должны быть подключены к разным фазам (5.2.39).

Вопрос. Как должна выполняться связь с обмоткой возбуждения генератора (синхронного компенсатора) цепей блока обратной связи АРВ, цепей напряжения ротора и защиты?

Ответ. Должна выполняться отдельными кабелями с повышенным уровнем изоляции (испытательное напряжение 3500 В) без захода через обычные ряды зажимов. Присоединение блока обратной связи АРВ к обмотке возбуждения должно производиться через рубильник, а цепи измерения напряжения ротора – через предохранители (5.2.40).

Вопрос. Чем должна защищаться обмотка ротора при применении устройств АГП с разрывом цепи ротора, а также при использовании статических возбудителей с преобразователями?

Ответ. Обмотка ротора должна защищаться разрядником многократного действия. Разрядник должен быть подключен параллельно обмотке ротора через активное сопротивление, рассчитанное на длительное протекание тока при пробое разрядника в режиме с напряжением возбуждения, равным 110 % номинального.

Указанные разрядники должны иметь сигнализацию срабатывания (5.2.42).

Вопрос. Как должна выполняться система возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов?

Ответ. Должна выполняться таким образом, чтобы:

отключение коммутационных аппаратов в цепях АРВ и управления возбудителем не приводило к ложным форсировкам в процессе пуска, останова и работы генератора на холостом ходу и под нагрузкой;

основные функциональные узлы регулирования, управления и защиты систем возбуждения, выполненные с применением микропроцессорной или микроэлектронной техники, должны иметь кроме основного питания, также и резервное питание постоянным током;

исчезновение напряжения оперативного тока в цепях АРВ и управления возбудителем не должно приводить к нарушению работы генератора и синхронного компенсатора;

в тиристорных системах возбуждения со 100%-ным резервированием должна быть предусмотрена возможность производить ревизию или ремонт на выведенном преобразовательно-регулирующем канале без отключения генератора от сети и обеспечение его возбуждения во всех режимах оставшимся в работе преобразователем;

при аварийном отключении турбогенератора от сети исключалась возможность повреждения системы при снижении оборотов возбужденного (выбегающего) генератора путем применения защиты от снижения частоты;

обеспечивалась защита преобразователей системы возбуждения при КЗ в цепях ротора и на его контактных кольцах отдельными быстродействующими защитами;

исключалась возможность повреждения источников питания и преобразователей при возникновении несимметричных режимов (5.2.43)

Вопрос. Что должна обеспечивать система возбуждения гидрогенератора?

Ответ. Должна обеспечивать возможность его начального возбуждения при отсутствии переменного тока в системе СН электростанции (5.2.46).

Размещение и установка генераторов, синхронных компенсаторов и их вспомогательного оборудования

Вопрос. С учетом каких факторов должны выбираться размеры машинного зала?

Ответ. Должны выбираться с учетом:

возможности монтажа и демонтажа агрегатов без останова работающих агрегатов;

применения кранов со специальными, преимущественно жесткими захватными приспособлениями, позволяющими полностью использовать ход крана;

отказа от подъема и опускания краном отдельных длинных, но относительно легких деталей агрегата (штанги, тяги), с их монтажом специальными подъемными приспособлениями;

возможности размещения узлов и деталей во время монтажа и ремонта агрегата (5.2.48).

Вопрос. Где должны размещаться панели управления, защиты, автоматики, возбуждения, маслоснабжения и охлаждения генератора и синхронного компенсатора?

Ответ. Должны, как правило, размещаться в закрытом помещении вблизи от него, но вне фундаментов генератора или синхронного компенсатора (5.2.50).

Вопрос. Где должны размещаться шкафы возбуждения, включая силовые панели, АРВ и силовые преобразователи?

Ответ. Должны размещаться в непосредственной близости один от другого (рекомендуется в один ряд).

В системах с автономным контуром водяного охлаждения преобразователей допускается установка теплообменников в отдельном помещении, при этом панель управления теплообменником должна устанавливаться рядом с ним.

Допускается также отдельно устанавливать источники питания системы возбуждения и сопротивления синхронизации (5.2.51).

Вопрос. Какие помещения должны иметься на электростанциях и предприятиях электросетей?

Ответ. Должны иметься помещения для хранения резервных стержней (секций) обмотки статора. Помещения должны быть сухими, отапливаемыми, с температурой не ниже +5 °С, оборудованными специальными стеллажами (5.2.57).

Вопрос. Какие приспособления должны быть предусмотрены в фундаменте синхронных компенсаторов?

Ответ. Должны быть предусмотрены проемы для установки и выемки газоохладителей, а также помещения для размещения и обслуживания оборудования систем маслоснабжения подшипников и водоснабжения охладителей (5.2.58).

Глава 5.3. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ И ИХ КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

Область применения

Вопрос. На какие электродвигатели и коммутационные аппараты распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на электродвигатели и их коммутационные аппараты, размещаемые в помещениях различного назначения и на открытом воздухе. На эти электроустановки распространяются также указания других глав Правил в той мере, в какой они не изменены настоящей главой (5.3.1).

Общие требования

Вопрос. По каким условиям выбираются и устанавливаются электродвигатели и их коммутационные аппараты?

Ответ. Выбираются и устанавливаются таким образом, чтобы температура их при работе не превышала допустимых значений (5.3.4).

Электродвигатели и их коммутационные аппараты устанавливаются таким образом, чтобы они были доступны для осмотра и замены, а также по возможности для ремонта на месте установки. При массе электродвигателей или аппаратов 100 кг и более предусматриваются приспособления для их такелажа (5.3.5).

Вопрос. Какие меры безопасности принимаются при наличии вращающихся частей электродвигателей и частей, соединяющих электродвигатели с механизмами (муфты, шкивы)?

Ответ. Защищаются ограждениями от случайных прикосновений (5.3.6).

Степень защиты электродвигателей определяется условиями окружающей среды и условиями эксплуатации (5.3.7).

Выбор электродвигателей

Вопрос. Для каких механизмов обеспечивается самозапуск их электродвигателей?

Ответ. Обеспечивается для механизмов, сохранение которых в работе после кратковременных перерывов питания или понижения напряжения, обусловленных отключением КЗ, действием АПВ или АВР, необходимо по технологическим условиям и допустимо по условиям техники безопасности и конструктивного исполнения (5.3.9).

Вопрос. Для привода каких механизмов рекомендуется применять электродвигатели синхронные или асинхронные с короткозамкнутым ротором?

Ответ. Рекомендуется применять для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения.

Для привода механизмов, имеющих тяжелые условия пуска или работы либо требующих изменения частоты вращения, применяются электродвигатели с наиболее простыми и экономичными способами пуска или регулирования частоты вращения, возможными в данной установке (5.3.10).

Вопрос. В каких случаях рекомендуется применять синхронные электродвигатели?

Ответ. Рекомендуется применять во всех случаях, когда проводится компенсация реактивной мощности или регулирование реактивной мощности в данном узле нагрузки, там, где это допустимо по условиям работы электропривода и окружающей среды (5.3.11).

Синхронные электродвигатели, как правило, оснащаются устройствами форсировки возбуждения или компаундирования (5.3.12).

Вопрос. В каком случае синхронные электродвигатели выполняются с АВР?

Ответ. Выполняются в случае, когда они по своей мощности могут обеспечить регулирование напряжения или режима реактивной мощности в данном узле нагрузки и когда это целесообразно (5.3.13).

Вопрос. В каких случаях применяются электродвигатели постоянного тока и регулируемые электродвигатели переменного тока?

Ответ. Применяются в тех случаях, когда нерегулируемые электродвигатели переменного тока не обеспечивают требуемых характеристик механизма либо неэкономичны, а также для аварийных механизмов при питании электродвигателей от аккумуляторной батареи (5.3.14).

Вопрос. С какой степенью защиты устанавливаются электродвигатели в производственных помещениях с нормальной средой?

Ответ. Устанавливаются электродвигатели со степенью защиты не ниже IP20 (5.3.15).

Вопрос. С какой степенью защиты устанавливаются электродвигатели на открытом воздухе?

Ответ. Устанавливаются электродвигатели со степенью защиты не ниже IP44 или специального исполнения, соответствующего условиям их работы (например, для открытых химических установок, для особо низких температур) (5.3.16).

Вопрос. С какой степенью защиты выбираются электродвигатели, устанавливаемые в помещениях, где возможно оседание на их обмотках пыли и других веществ, нарушающих естественное охлаждение?

Ответ. Выбираются со степенью защиты не ниже IP44 или специального исполнения, соответствующего условиям их работы или продуваемого с подводом чистого воздуха.

Допускается изменять степень защиты электродвигателей от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой они устанавливаются.

Корпус продуваемого электродвигателя, воздуховоды, все сопряжения и стыки уплотняются для предотвращения присоса воздуха в систему вентиляции.

При продуваемом исполнении электродвигателя рекомендуется предусматривать задвижки для предотвращения всасывания окружающего воздуха при останове электродвигателя (5.3.17).

Вопрос. С какой степенью защиты выбираются электродвигатели, устанавливаемые в местах сырых или особо сырых?

Ответ. Выбираются со степенью защиты не ниже IP43 или IP44 и изоляцией, рассчитанной на действие влаги и пыли (5.3.18).

Вопрос. Какой принимается степень защиты электродвигателей для механизмов СН электростанций?

Ответ. Принимается не ниже IP44, при этом степень защиты вводных устройств принимается не ниже IP55.

Электродвигатели механизмов СН электростанций и их вводные устройства, предназначенные для установки в помещениях с повышенной запыленностью, требующих периодической гидроуборки, выбираются со степенью защиты не ниже IP55 (5.3.19).

Вопрос. С какой степенью защиты выбираются электродвигатели, устанавливаемые в местах с химически активными парами или газами?

Ответ. Выбираются со степенью защиты не ниже IP44 или продуваемыми с подводом чистого воздуха. Допускается также применение электродвигателей со степенью защиты не ниже IP33, но с химически стойкой изоляцией и с закрытием открытых неизолированных частей защитными средствами (5.3.20).

Установка электродвигателей

Вопрос. На каком расстоянии от конструкций зданий устанавливаются электродвигатели и их коммутационные аппараты, за исключением имеющих степень защиты не ниже IP44, а резисторы и реостаты – всех исполнений?

Ответ. Устанавливаются на расстоянии не менее 1 м от конструкций зданий, выполненных из горючих материалов групп Г2–Г4 (5.3.27).

Вопрос. Какая дополнительная защита обеспечивается в электрических машинах мощностью 1 МВт и более?

Ответ. Обеспечивается защита от подшипниковых токов. Маслопроводы этих электрических машин изолируются от корпусов их подшипников (5.3.28).

Вопрос. При соблюдении каких условий разрешается устанавливать непосредственно в производственных помещениях электродвигатели переменного тока напряжением выше 1 кВ и постоянного тока, имеющие выводы под станиной или требующие размещения под машиной оборудования для охлаждения?

Ответ. Разрешается устанавливать при соблюдении следующих условий:

электродвигатели устанавливаются на фундаментах с камерой (фундаментной ямой);

камера электродвигателя оборудуется входом с запирающейся дверью или люком, имеющей блокировку, исключающую доступ в камеру при наличии напряжения на токоведущих частях (5.3.29).

Коммутационные аппараты

Вопрос. Как выбирается количество коммутационных аппаратов для электродвигателей?

Каждый электродвигатель, как правило, оснащается отдельным коммутационным аппаратом. Для группы электродвигателей, служащих для привода одной машины или ряда машин, осуществляющих единый технологический процесс, допускается применять общий коммутационный аппарат или комплект коммутационных аппаратов, если при этом обеспечиваются удобство и безопасность эксплуатации и защита каждого электродвигателя.

Коммутационные аппараты в цепях электроприемников отключают от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением. В цепи отдельного электроприемника допускается иметь аппарат, отключающий не все проводники, если предусматривается отключение всех проводников другим аппаратом (5.3.30).

Вопрос. Какой аппарат устанавливается при наличии дистанционного или автоматического управления электродвигателем какого-либо механизма?

Ответ. Как правило, вблизи механизма устанавливается аппарат аварийного отключения без самовозврата, исключающий возможность дистанционного или автоматического пуска электродвигателя.

Аппараты аварийного отключения не требуется устанавливать:

у механизмов, расположенных в пределе видимости оператора;

у механизмов, конструктивное исполнение которых исключает возможность случайного прикосновения к движущимся и вращающимся частям; около этих механизмов предусматривается вывешивание плакатов, предупреждающих о возможности дистанционного или автоматического пуска;

у механизмов, имеющих аппарат местного управления с фиксацией команды на отключение.

Необходимость установки аппаратов местного управления вблизи дистанционно или автоматически управляемых механизмов определяется при проектировании в зависимости от требований технологии, техники безопасности и организации управления данной установкой (5.3.31).

Вопрос. Как осуществляется питание цепей управления электродвигателями?

Ответ. Как правило, осуществляется от главных цепей питания электродвигателя непосредственно или через трансформатор.

В обоснованных случаях допускается использовать другие зависимые или независимые источники питания.

Во избежание внезапных пусков электродвигателя (если не предусматривается самозапуск) после исчезновения напряжения предусматривается блокировочная связь, не допускающая повторный пуск (нулевая защита).

Для электродвигателей, у которых предусматривается самозапуск, применяются коммутационные аппараты, не имеющие самовозврата, обеспечивающие автоматический повторный пуск электродвигателя независимо от времени, прошедшего после исчезновения напряжения питания (5.3.32).

Вопрос. Какие знаки наносятся на корпусах аппаратов управления?

Ответ. На корпусах аппаратов управления и разъединяющих аппаратах наносятся четкие знаки, позволяющие легко распознавать включенное или отключенное положение аппарата. В случаях, когда оператор не может определить по состоянию аппарата управления, включена или отключена главная цепь электродвигателя, предусматривается световая сигнализация (5.3.33).

Вопрос. По каким параметрам выбираются коммутационные аппараты?

Ответ. Выбираются из условия обеспечения коммутации токов во всех возможных режимах работы управляемого ими электродвигателя, в том числе и в аварийных (5.3.34).

Коммутационные аппараты выбираются стойкими по отношению к расчетным токам КЗ (5.3.35).

Коммутационные аппараты по своим электрическим и механическим параметрам выбираются в соответствии с характеристиками приводимого механизма во всех режимах его работы в данной установке.

Аппараты, устанавливаемые вблизи электродвигателей, выбираются со степенью защиты оболочки, соответствующей степени защиты электродвигателей (5.3.36).

Коммутационные аппараты электродвигателей повторно-кратковременного режима работы выбираются по номинальному току при соответствующей продолжительности включения и по допустимой частоте включения (5.3.37).

Вопрос. Можно ли применять рубильники (выключатели нагрузки) для пуска и остановки асинхронных электродвигателей?

Ответ. Применять их не рекомендуется (5.3.38).

Вопрос. Для каких переносных электродвигателей допускается использование втычных контактных соединителей?

Ответ. Допускается при мощности электродвигателя не более 1 кВт.

Втычные контактные соединения, служащие для присоединения передвижных электродвигателей мощностью более 1 кВт, оснащаются предупредительной надписью, разрешающей коммутацию только в обесточенном состоянии, и фиксатор (замок) (5.3.39).

Вопрос. На какое напряжение может производиться включение катушек электромагнитных пускателей, контакторов и автоматических выключателей в сети до 1 кВ с заземленной нейтралью?

Ответ. Может производиться на междуфазное или фазное напряжение.

При включении катушки на фазное напряжение ее нулевой вывод должен быть присоединен к нулевому рабочему проводнику питающей линии; не допускается его присоединение к защитным проводникам (5.3.40).

Вопрос. В какой точке цепи следует устанавливать коммутационные аппараты электродвигателей, питаемых по схеме блока трансформатор—электродвигатель?

Ответ. Следует, как правило, устанавливать на вводе от сети, питающей блок, без установки их на вводе к электродвигателю (5.3.41).

Вопрос. Как производится пуск асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и синхронных электродвигателей?

Ответ. Производится непосредственным включением в сеть (прямой пуск) или с использованием специальных пускорегулирующих устройств (5.3.43).

Вопрос. В каких случаях предусматривается форсировка возбуждения при пуске синхронных электродвигателей?

Ответ. Предусматривается при недостаточной скорости нарастания напряжения на возбудителе, задерживающей втягивание в синхронизм.

Для крупных синхронных электродвигателей 10(6) кВ, питающихся от подключенных к ВЛ 35–220 кВ ПС без выключателей со стороны высокого напряжения, предусматриваются устройства, отключающие эти электродвигатели с последующим восстановлением питания или действующие на снятие возбуждения синхронных электродвигателей с последующей их ресинхронизацией (5.3.44).

Защита асинхронных и синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ

Вопрос. Какие защиты предусматриваются для электродвигателей?

Ответ. Предусматриваются защиты от многофазных замыканий, однофазных замыканий на землю, токов перегрузки, а также от потери питания и понижения напряжения. На синхронных электродвигателях, кроме того, предусматривается защита от асинхронного режима.

Защита многоскоростных электродвигателей выполняется для каждой схемы соединения обмоток (5.3.45).

Вопрос. Какие дополнительные защиты предусматриваются для электродвигателей?

Ответ. Для электродвигателей, имеющих принудительную смазку подшипников, устанавливается защита, действующая на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия смазки.

Для электродвигателей, имеющих принудительную вентиляцию, устанавливается защита, действующая на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия вентиляции (5.3.46).

Электродвигатели с водяным охлаждением обмоток и активной стали статора, а также со встроенными воздухоохладителями, охлаждаемыми водой, обеспечиваются защитой, действующей на сигнал при уменьшении потока воды ниже заданного значения и на отключение электродвигателя при его прекращении. Кроме того, электродвигатели снабжаются датчиками, фиксирующими появление воды в корпусе машины и действующими на сигнал (5.3.47).

Вопрос. Какие защиты от многофазных замыканий предусматриваются для электродвигателей в случаях, когда не применяются предохранители?

Ответ. Предусматриваются следующие защиты:

токовая двухрелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах и токов самозапуска, с реле прямого или косвенного действия, включенными на фазные

токи, – для электродвигателей мощностью менее 4 МВт. Допускается применение этой защиты для электродвигателей большей мощности, выполненных без шести выводов обмотки статора, при условии обеспечения требуемой чувствительности;

продольная дифференциальная защита – для электродвигателей мощностью 4 МВт и более, а также менее 4 МВт, если установка токовой отсечки не обеспечивает требуемой чувствительности. Для этого электродвигатели оснащаются встроенными со стороны нулевых выводов ТТ.

Защита действует на отключение электродвигателя, а у синхронных электродвигателей – также на устройство АГП, если оно предусмотрено (5.3.48).

Вопрос. Какие защиты предусматриваются для блоков трансформатор–электродвигатель?

Ответ. Предусматриваются следующие общие защиты от многофазных замыканий:

токовая двух- или трехрелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах и токов самозапуска – для блоков с электродвигателями мощностью менее 2 МВт. При схеме соединения обмоток трансформатора звезда-треугольник отсечка выполняется тремя токовыми реле: двумя включенными на фазные токи и одним включенным на сумму этих токов. При невозможности установки трех реле (например, при ограниченном числе реле прямого действия) допускается схема с двумя реле, включенными на соединенные треугольником вторичные обмотки трех ТТ. Допускается применение токовой отсечки для блоков с электродвигателями 2 МВт и более в случаях, когда электродвигатель не имеет шести выводов обмотки статора, если эта защита удовлетворяет требованиям чувствительности;

продольная дифференциальная токовая защита в двухрелейном исполнении с применением реле, отстроенных от бросков токов намагничивания, переходных и установившихся токов небаланса (например, реле, имеющих промежуточные насыщающиеся ТТ) – для блоков с электродвигателями мощностью 2 МВт и более.

Защита действует на отключение выключателя блока, а у синхронных электродвигателей – также на устройство АГП, если оно предусмотрено (5.3.49).

Вопрос. Каким принимается коэффициент чувствительности защит при двухфазных КЗ на выводах электродвигателя?

Ответ. Принимается не менее 2,0 (5.3.50).

Вопрос. При каких токах предусматривается защита электродвигателей от однофазных замыканий на землю?

Ответ. Предусматривается при токах замыканий на землю 5 А и более. Ток срабатывания защит электродвигателей от однофазных замыканий на землю – не более 5 А.

Для электродвигателей, предназначенных для работы в сети СН электростанций, кроме электродвигателей системы безопасности АЭС, защита от однофазных замыканий на землю предусматривается во всех случаях независимо от значения тока замыкания на землю.

Рекомендуется применение защиты и при токах замыкания на землю, меньших 5 А, если обеспечивается действие этой защиты при условии обеспечения селективности.

Защита выполняется без выдержки времени (за исключением защиты электродвигателей, для которой требуется замедление защиты по условию отстройки от переходных процессов) с использованием ТТ нулевой последовательности, установленных, как правило, в РУ.

Если установка ТТ нулевой последовательности в РУ невозможна или может вызвать увеличение выдержки времени защиты, допускается устанавливать их у выводов электродвигателя.

Если защита от однофазных замыканий на землю не устанавливается или устанавливается и имеет выдержку времени по условию отстройки от переходных процессов, то для обеспечения быстродействующего отключения двойных замыканий на землю в различных точках устанавливается дополнительное токовое реле с первичным током срабатывания 150 200 А.

Защита действует на отключение электродвигателя, а у синхронных электродвигателей – также на устройство АГП, если оно предусмотрено.

Для выявления возникшего в электродвигателе замыкания на землю в случае, когда защита от однофазных замыканий на землю не устанавливается, используются устройства защиты КЛ сети, к которой подключен электродвигатель.

Для блоков трансформатор–электродвигатель, как правило, предусматривается защита от замыканий на землю на стороне низшего напряжения трансформатора блока, охватывающая не менее 85 % витков обмотки статора и действующая с выдержкой времени на сигнал или, если это необходимо по требованиям безопасности, без выдержки времени – на отключение (5.3.51).

Вопрос. На каких электродвигателях предусматривается защита от перегрузки?

Ответ. Предусматривается на всех электродвигателях СН электростанций, на электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, на электродвигателях с тяжелыми условиями пуска и самозапуска, в том числе если перегрузка возможна при увеличении длительности пуска вследствие понижения напряжения в сети.

Защиту от перегрузки следует предусматривать в однорелейном исполнении с зависимой или независимой от тока выдержкой времени, отстроенной от длительности пуска электродвигателя в нормальных условиях и самозапуска после действия АВР и АПВ. Выдержка времени защиты от перегрузки синхронных электродвигателей во избежание излишних срабатываний при длительной форсировке возбуждения выбирается по возможности близкой к наибольшей допустимой по тепловой характеристике электродвигателя.

На электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, защита, как правило, выполняется с действием на сигнал и автоматическую разгрузку механизма.

Действие защиты на отключение электродвигателя допускается:

на электродвигателях механизмов, для которых отсутствует возможность своевременной разгрузки без останова, или на электродвигателях, работающих без постоянного дежурства персонала;

на электродвигателях при тяжелых условиях пуска или самозапуска.

Для электродвигателей с частотным пуском кроме защиты от перегрузки, связанной с технологическими причинами, предусматривается защита от затянувшегося пуска с действием на сигнал. Для электродвигателей, для которых защита от перегрузки не предусматривается, рекомендуется выполнять контроль длительности пуска (5.3.52).

Вопрос. Какая защита должна предусматриваться для электродвигателей, подключенных к линии или трансформаторам, защищаемым от токов КЗ предохранителями?

Ответ. Должна предусматриваться защита от несимметричного режима. Защита может осуществляться при помощи реле, реагирующих на ток обратной последовательности в цепи статора или на напряжение обратной последовательности на шинах, к которым подключен электродвигатель. Допускается применение в качестве защиты от несимметричного режима защиты от перегрузки в двух фазах цепи статора.

Токовые защиты действуют с выдержкой времени на отключение электродвигателя.

Защита, реагирующая на напряжение обратной последовательности, действует с выдержкой времени на отключение выключателя ввода на секцию, к которой присоединены электродвигатели, и на запуск устройства АВР. При выведенном устройстве АВР или его отсутствии указанная защита действует так же, как и токовая (5.3.53).

Вопрос. При помощи каких реле может осуществляться защита синхронных электродвигателей от асинхронного режима?

Ответ. Может осуществляться при помощи реле, реагирующего на увеличение тока в обмотках статора; защита вводится в работу после окончания процесса пуска и выводится из работы на время действия форсировки возбуждения.

Защита, как правило, выполняется с независимой от тока характеристикой выдержки времени. Допускается применение защиты с зависимой от тока характеристикой на электродвигателях с отношением КЗ более 1.

При выполнении схемы защиты принимаются меры по предотвращению отказа защиты при биениях тока асинхронного режима.

При необходимости защита, выполненная с помощью реле, реагирующего на увеличение тока статора, дополняется защитой, реагирующей на исчезновение тока возбуждения.

Допускается применение других способов защиты, обеспечивающих надежное действие защиты при возникновении асинхронного режима.

Защита выполняется с выдержкой времени и воздействует на одну из схем, предусматривающих:

ресинхронизацию;

ресинхронизацию с автоматической кратковременной разгрузкой механизма до такой нагрузки, при которой обеспечивается втягивание электродвигателя в синхронизм (при допустимости кратковременной разгрузки по условиям технологического процесса);

отключение электродвигателя и повторный автоматический пуск;

отключение электродвигателя (при неуспешной ресинхронизации, при невозможности его разгрузки или ресинхронизации, при отсутствии необходимости автоматического повторного пуска и ресинхронизации по условиям технологического процесса). Эта ступень токовой защиты отстраивается по времени от режимов пуска и самозапуска (5.3.54).

Вопрос. Какая защита предусматривается для предотвращения повреждения электродвигателей, затормозившихся в результате понижения напряжения или потери питания, а также для обеспечения условий самозапуска электродвигателей ответственных механизмов и соблюдения условий техники безопасности и технологического процесса?

Ответ. Предусматривается защита от потери питания и понижения напряжения.

Защита действует на отключение электродвигателей, которые не участвуют в самозапуске, и на гашение поля синхронных электродвигателей, подлежащих самозапуску.

Многоскоростные электродвигатели ответственных механизмов, самозапуск которых допустим и целесообразен, при повторной подаче напряжения, как правило, запускаются на ту же частоту вращения. Если самозапуск на высшей частоте вращения недопустим, защита производит автоматическое переключение на низшую частоту вращения.

Для облегчения условий восстановления напряжения после отключения КЗ и обеспечения самозапуска электродвигателей ответственных механизмов защита действует на отключение электродвигателей неответственных механизмов суммарной мощностью, определяемой возможностями источника питания и сети по обеспечению самозапуска.

В электроустановках промышленных предприятий в случаях, когда не может быть осуществлен одновременный самозапуск всех электродвигателей ответственных механизмов, следует применять отключение части таких ответственных механизмов и, по возможности, их автоматический повторный пуск после окончания самозапуска первой группы электродвигателей. Включение последующих групп может быть осуществлено по току, напряжению или по времени.

Защита от потери питания и понижения напряжения может быть выполнена в виде защиты минимального напряжения или защиты минимального напряжения и минимальной частоты, а также другими способами, обеспечивающими быстрейшую фиксацию потери питания и понижения напряжения (5.3.55).

Вопрос. Какая защита предусматривается для электродвигателей с частотным пуском?

Ответ. Предусматривается защита от недопустимого превышения частоты вращения. Защита может осуществляться в виде защиты максимальной частоты и должна действовать на отключение с выдержкой времени (5.3.57).

Защита электродвигателей напряжением до 1 кВ

Вопрос. Какая защита предусматривается для электродвигателей переменного тока?

Ответ. Предусматривается защита от многофазных замыканий, в сетях с глухозаземленной нейтралью – также от однофазных замыканий на заземленные ОПЧ, кроме того, защита от токов перегрузки и защита минимального напряжения. Для синхронных электродвигателей (при невозможности втягивания в синхронизм с полной нагрузкой) дополнительно предусматривается защита от асинхронного режима.

Для электродвигателей постоянного тока предусматривается защита от КЗ. При необходимости дополнительно могут устанавливаться защиты от перегрузки, чрезмерного повышения частоты и минимального напряжения (5.3.58).

Вопрос. Какими аппаратами выполняется защита от КЗ на зажимах электродвигателей?

Ответ. Выполняется автоматическими выключателями или предохранителями. Номинальные токи плавких вставок предохранителей и расцепителей автоматических выключателей выбираются по возможности наименьшими, но таким образом, чтобы электродвигатели при нормальных для данной электроустановки толчках тока (пиках технологической нагрузки, пусковых токах, токах самозапуска и т. п.) не отключались защитой.

Допускается защита от КЗ одним общим аппаратом для группы электродвигателей при условии, что эта защита обеспечивает термическую устойчивость пусковых аппаратов и аппаратов защиты от перегрузок, примененных в цепи каждого электродвигателя группы.

На электростанциях для защиты от КЗ электродвигателей СН, связанных с основным технологическим процессом, применяются автоматические выключатели. При недостаточной чувствительности электромагнитных расцепителей автоматических выключателей в системе СН электростанций могут применяться выносные токовые реле с действием на независимый расцепитель выключателя (5.3.60).

Вопрос. В каких случаях устанавливается защита электродвигателей от перегрузки?

Ответ. Устанавливается в случаях, когда возможна перегрузка механизма по технологическим причинам, а также при особо тяжелых условиях пуска и самозапуска. Защита может быть осуществлена тепловыми реле или другими устройствами.

При защите асинхронных электродвигателей предохранителями или при наличии предохранителей в питающей сети следует предусматривать во всех фазах тепловые реле, действующие на отключение электродвигателя.

Для электродвигателей с продолжительным режимом работы рекомендуется во всех случаях предусматривать защиту от перегрузки.

Для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы защиту от перегрузки можно не устанавливать (5.3.61).

Вопрос. В каких случаях устанавливается защита минимального напряжения?

Ответ. Устанавливается в следующих случаях:

для электродвигателей, которые не допускают непосредственного включения в сеть;

для электродвигателей механизмов, самозапуск которых не допускается после останова по условиям технологического процесса или по условиям безопасности;

для прочих электродвигателей в соответствии с условиями, приведенными в п. 5.3.55 Правил (5.3.62).

Вопрос. В каких случаях предусматривается защита от КЗ электродвигателей переменного тока?

Ответ. Предусматривается:

в электроустановках с заземленной нейтралью – во всех фазах;

в электроустановках с изолированной нейтралью: при защите предохранителями – во всех фазах; при защите автоматическими выключателями – не менее чем в двух фазах; при этом в пределах одной и той же электроустановки защиту следует осуществлять в одних и тех же фазах (5.3.64).

Вопрос. Какие реле рекомендуется применять для обеспечения защиты от работы на двух фазах?

Ответ. Рекомендуется применять тепловые реле с ускоренным срабатыванием. В обоснованных случаях следует использовать специальные виды защиты (5.3.67).

Глава 5.4. РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Регулируемый электропривод (далее – электропривод)	Электромеханическая система, состоящая из комплекта оборудования: трансформаторов; преобразовательного агрегата; электродвигателя переменного тока; механических передач; управляющих и информационных устройств; устройств сопряжения; устройств защиты, измерения и сигнализации	5.4.2
Управляющее устройство	Устройство, предназначенное для формирования управляющих воздействий в электроприводе	5.4.4
Информационное устройство	Устройство, предназначенное для получения, преобразования, распределения и выдачи информации о текущих координатах электропривода, технологического процесса	5.4.5
Устройство сопряжения	Устройство, обеспечивающее взаимодействие электропривода с внешними системами, а также взаимодействие отдельных частей электропривода и согласование видов и уровней сигналов между ними	5.4.6
Система регулирования электропривода	Совокупность устройств, предназначенных для получения требуемых характеристик электропривода	5.4.7
Система управления электропривода	Совокупность устройств, используемых для получения требуемых режимов работы электропривода	5.4.8
Электромагнитная совместимость	Способность электропривода нормально функционировать при заданных качестве электроэнергии в питающей сети и уровнях внешних электромагнитных помех и не создавать недопустимые помехи для работы других электротехнических устройств и электромагнитные воздействия на персонал	5.4.9

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Электромагнитные помехи	Кондуктивные и индуктивные электромагнитные воздействия на электропривод и на другие объекты, которые могут снизить качество их функционирования. Электромагнитные помехи в диапазоне радиочастот называют «радиопомехами»	5.4.10
Система помехозащиты электропривода	Система дополнительных устройств защиты электропривода от электромагнитных помех, способная снизить их влияние до допустимого уровня	5.4.11
Низковольтное комплектное устройство	Совокупность устройств напряжением до 1000 В, смонтированных на единой конструктивной основе, объединенных внутренними электрическими и механическими соединениями и конструктивными элементами, состоящая из преобразователей, электромагнитных и электронных аппаратов, устройств управления и регулирования, измерения, сигнализации	5.4.12
Электропривод с параметрическим регулированием	Электропривод, регулирование координат движения которого осуществляется изменением параметров электродвигателя или отдельных цепей: активных и индуктивных сопротивлений, числа витков обмоток, числа пар полюсов и др.	5.4.13
Электропривод, регулируемый напряжением	Электропривод, регулирование координат движения которого осуществляется изменением приложенного напряжения	5.4.14
Каскадный электропривод	Электропривод, в цепь ротора электродвигателя которого для регулирования координат движения включены активные элементы, позволяющие полезно использовать энергию, передаваемую в цепь ротора электромагнитным путем, благодаря скольжению по отношению к вращающему магнитному полю машины, (далее «энергия скольжения»), отдавая ее либо в сеть (электрический каскад), либо на вал электродвигателя (электромеханический каскад)	5.4.15
Частотно-регулируемый электропривод	Электропривод, регулирование координат движения которого осуществляется изменением частоты и величины напряжения, подводимого к электродвигателю	5.4.16

Область применения

Вопрос. На какие электроприводы распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на регулируемые электроприводы мощностью свыше 1,0 кВт, питаемые от трехфазной сети переменного тока напряжением 0,4 кВ и выше.

Не распространяется на электроприводы:

питающиеся от однофазных сетей переменного тока;

предназначенные для эксплуатации во взрывоопасных помещениях, химически агрессивных средах и в средах, насыщенных водяным паром или содержащих токопроводящую пыль;

бытового назначения;

применяемые в бортовых системах подвижных средств наземного, водного и воздушного транспорта (5.4.1).

Общие требования

Вопрос. Для каких электроприводов должно быть предусмотрено осуществление самозапуска?

Ответ. Должно быть предусмотрено для электроприводов, механизмы которых по условиям технологического процесса необходимо сохранять в работе при и после кратковременных перерывов питания или глубоких понижениях напряжения сети (5.4.19).

Вопрос. Какие виды управления могут иметь электроприводы в зависимости от конкретных условий их применения?

Ответ. Могут иметь дистанционное управление, местное управление либо оба вида управления. При осуществлении только дистанционного управления на месте установки шкафов электропривода должна быть осуществлена возможность управления в цепях питания электроэнергией (5.4.21).

Вопрос. Каким образом должны быть рассчитаны, выбраны и установлены составные части регулируемого электропривода (электродвигатель, преобразователь частоты, согласующий трансформатор, пусковое устройство, коммутационные аппараты и т. п.)?

Ответ. Должны быть рассчитаны, выбраны и установлены таким образом и обеспечены такой системой охлаждения, чтобы их температура в рабочих режимах не превышала допустимой (5.4.23).

Вопрос. Какие требования электробезопасности регламентирует настоящая глава Правил?

Ответ. Конструкция и расположение оборудования электропривода не должны допускать возможности случайных прикосновений к находящимся под напряжением или вращающимся частям. Все двери шкафов, ячеек и др., содержащих оборудование, нормально находящееся под напряжением, должны иметь блокировки и замки, отпираемые специальными ключами, не допускающими включение при открытых дверях (5.4.25).

Вопрос. При каких отклонениях параметров электросети электроприводы должны сохранять работоспособность?

Ответ. Должны сохранять работоспособность при длительных отклонениях:

напряжения питающей сети на +10 % – –15 % от номинального значения;

частоты питающей сети на ±2 % от номинального значения (5.4.28).

Вопрос. Какую возможность должна обеспечивать система регулирования электропривода?

Ответ. Должна обеспечить возможность выполнения требований, определяемых технологическим процессом приводимого механизма в отношении:

диапазона регулирования;

точности регулирования;

допустимых статических ошибок при изменении управляющего воздействия;

динамических характеристик регулирования при изменении управляющего или возмущающего воздействия (5.4.34).

Вопрос. Что должны обеспечивать системы управления, защиты, измерений и сигнализации электропривода?

Ответ. Должны обеспечивать:

работу электропривода в режимах пуска, регулирования, в номинальном длительном режиме, в режиме торможения и, если требуется, реверса и самозапуска;

возможность сопряжения с другими системами контроля, диагностики, управления, в том числе с АСУ ТП;

отключение или остановку электропривода или перевод его на работу в другой режим вследствие аварийных нарушений, возникших в технологическом механизме или его исполнительных органах;

измерение и индикацию параметров режима электропривода и технологического механизма в номинальном и регулировочных режимах;

световую индикацию о готовности к работе элементов электропривода и их неисправности;

защиту трансформаторов электроприводов в соответствии с техническими условиями на конкретные установки;

защиту электродвигателей в соответствии с требованиями гл. 5.3 Правил;

защиту и сигнализацию полупроводниковых преобразователей и преобразовательных агрегатов электропривода в соответствии с техническими условиями на конкретные установки (5.4.35).

Вопрос. Каковы основные требования к оборудованию и системам управления и защиты электроприводов?

Ответ. Система защиты должна предусматривать возможность введения блокировок, связанных с технологическим процессом и требованиями техники безопасности (5.4.37).

В устройствах электропривода должны быть предусмотрены гнезда, разъемы, клеммы и др. для присоединения переносных приборов контроля и измерений (5.4.38).

В системе управления электропривода должна предусматриваться дистанционная индикация основных параметров, характеризующих работу электропривода (напряжения, тока, мощности, частоты вращения и т. п.). Перечень этих устройств указывается в технической документации на конкретные типы электроприводов (5.4.39).

Электродвигатели электроприводов должны удовлетворять требованиям гл. 5.3 Правил, специальных стандартов и технических условий (5.4.40).

Трансформаторы силовые преобразовательные, реакторы (уравнительные, сглаживающие, токоограничивающие) должны удовлетворять требованиям соответствующих глав Правил, а также отдельных стандартов и технических условий (5.4.41).

Преобразователи электропривода должны удовлетворять требованиям гл. 4.3 Правил, соответствующих стандартов и технических условий (5.4.42).

Преобразователи, изготовленные в виде нескольких составных частей, могут на месте установки объединяться в единую конструкцию. Преобразовательная часть электропривода должна выполняться в виде унифицированного шкафа или ряда шкафов, связанных между собой общей электрической схемой. Для электроприводов большой мощности допускается установка вне шкафа трансформаторного и реакторного оборудования, а также аппаратуры защиты. Шкафы могут быть одно- и двустороннего обслуживания (5.4.43).

Измерительные приборы, а также органы управления и регулирования должны быть выполнены на лицевой стороне преобразователей (5.4.44).

Охлаждение преобразователей может быть выполнено одним из следующих способов:

естественным воздушным;

принудительным воздушным с помощью индивидуальных вентиляторов или с общей вентиляцией для группы шкафов;

жидкостным.

Использовать масло в качестве охлаждающего агента не рекомендуется. В преобразователях с принудительным охлаждением должен быть предусмотрен контроль исправности системы охлаждения (5.4.45).

В конструкции шкафов должна быть предусмотрена возможность подсоединения к силовым клеммам проводов, шин или кабелей (5.4.46).

Используемые в электроприводах напряжением до 1000 В НКУ должны удовлетворять требованиям действующих стандартов на такие устройства и техническим условиям (5.4.47).

Измерительная и сигнальная аппаратура должна быть расположена на фасаде шкафов (пультов) НКУ в местах, удобных для наблюдения, а органы управления – в местах с удобным доступом (5.4.48).

НКУ могут устанавливаться как в общем с электродвигателем помещении, так и в отдельном помещении (5.4.49).

Питание электроприводов должно осуществляться от трехфазных силовых сетей переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220, 380, 660, 3000, 6000, 10 000 В через входные трансформаторы или реакторы (5.4.50).

Выбор электроприводов и входящих в них основных элементов

Вопрос. Как должен производиться выбор типа электроприводов?

Ответ. Должен производиться на основе технико-экономического сопоставления различных вариантов применительно к конкретным задачам и условиям его назначения.

При этом рекомендуется учитывать следующее:

при ступенчатом или плавном регулировании без решения задач экономии электроэнергии скольжения электропривод с параметрическим регулированием может использоваться для улучшения условий пуска;

электропривод, регулируемый напряжением, можно использовать для улучшения условий пуска и регулирования частоты вращения без решения задач экономии электроэнергии скольжения;

каскадный электропривод может использоваться для регулирования частоты вращения с экономией энергии скольжения;

частотно-регулируемый электропривод может использоваться для экономичного регулирования частоты вращения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, а также синхронных двигателей (5.4.51).

Вопрос. Какие специальные электродвигатели следует применять в электроприводах, содержащих автономные инверторы тока с принудительной коммутацией или автономные инверторы напряжения с широтно-импульсной модуляцией, при отсутствии в них мер по ограничению коммутационных перенапряжений и высоких значениях крутизны фронтов напряжения, прикладывающегося к обмотке статора?

Ответ. Следует применять специальные электродвигатели с повышенной электрической прочностью изоляции обмотки статора. При применении в инверторах устройств ограничения перенапряжений или специальных фильтров могут использоваться стандартные электродвигатели (5.4.53).

При выборе номинальной мощности серийного электродвигателя необходимо учитывать возможность его дополнительного нагрева, вызванного высшими гармониками (5.4.54).

Вопрос. Какие трансформаторы и реакторы рекомендуется применять для электроприводов?

Ответ. Рекомендуется применять трансформаторы и линейные реакторы в «сухом» исполнении (5.4.55).

Вопрос. Какие мероприятия следует применять для обеспечения ЭМС электропривода?

Ответ. Следует применять индивидуально или в целесообразных сочетаниях, определяемых конкретными условиями, следующие мероприятия:

повышение пульсности преобразователя;

организация раздельного питания потребителей;

установка фильтров;

экранирование кабелей;

пространственное разделение технических средств, проводов и кабелей.

При этом рекомендуется:

все металлические части корпуса устройств соединять между собой через возможно большую площадь поверхности;

прокладывать контрольные и силовые кабели раздельно, с минимальным расстоянием между ними не менее 20 см;

подключать измерительные датчики и цепи управления экранированным контрольным кабелем;

отделять кабель сетевого питания электропривода от кабеля питания электродвигателя заземленными перегородками (5.4.56).

Размещение электрооборудования

Вопрос. Каким условиям должно удовлетворять размещение электрооборудования регулируемых электроприводов?

Ответ. Должно удовлетворять общим требованиям, изложенным в главах 4.3, 5.1, 5.3 настоящих Правил, а также техническим условиям на конкретные установки (5.4.57).

Вопрос. Какие электрические связи рекомендуется обеспечивать при размещении электрооборудования регулируемых электроприводов напряжением до 1000 В?

Ответ. Рекомендуется обеспечивать по возможности короткие электрические связи (кабели):

между источником питания и преобразователем;

между преобразователем и электродвигателем.

При этом сечение и длину кабеля следует выбирать из условий потери напряжения в нем не более 5 %.

При размещении электрооборудования электроприводов напряжением выше 1000 В длина кабелей для электрических связей, как правило, не ограничивается (5.4.58).

Вентиляция, отопление, водоснабжение

Вопрос. Какие системы вентиляции, отопления и водоснабжения должны быть предусмотрены в закрытых помещениях в местах установки электроприводов?

Ответ. Должно быть предусмотрено, как правило, наличие общеобменной вентиляции, отопления, водоснабжения, общие требования к которым изложены в гл. 4.3. Правил (5.4.59).

Обеспечение безопасности, защитные мероприятия

Вопрос. Каковы требования Правил к обеспечению безопасности электроприводов?

Ответ. Электроприводы должны удовлетворять общим требованиям к электро- и пожаробезопасности, изложенным в главах 4.3, 5.3 Правил (5.4.60).

Шкафы преобразователей к НКУ, входящих в состав электроприводов, должны иметь зажим заземления и знак заземления. Число зажимов должно определяться конструкцией преобразователей и НКУ, требованиями стандартов и техническими условиями заводов-изготовителей (5.4.61).

Учет электроэнергии

Вопрос. Какие счетчики следует применять для учета активной и реактивной энергии в точке подключения электропривода?

Ответ. Следует применять счетчики, не дающие недопустимых погрешностей при измерениях активной и реактивной энергии в цепях с искаженными (несинусоидальными) токами и напряжениями (5.4.63).

Глава 5.5. АККУМУЛЯТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

Область применения, определения

Вопрос. На какие установки аккумуляторных батарей распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на стационарные установки кислотных аккумуляторных батарей и не распространяется на установки аккумуляторных батарей специального назначения (5.5.1).

Вопрос. Какой аккумулятор называется закрытым?

Ответ. Закрытым называется аккумулятор, имеющий несъемную крышку с фильтр-пробкой или с пробкой рекомбинации (5.5.2).

Вопрос. Какой аккумулятор называется герметичным?

Ответ. Называется аккумулятор, в котором газы и электролит полностью удерживаются в течение всего срока службы и снабженный защитным устройством, предохраняющим его от разрушения при повышении давления (5.5.3).

Электрическая часть

Вопрос. В соответствии с какими требованиями производится выбор оборудования для аккумуляторных батарей?

Ответ. Выбор электронагревательных устройств, светильников, электродвигателей вентиляции и электропроводок для основных и вспомогательных помещений аккумуляторных батарей закрытого типа при напряжении заряда более 2,4 В на элемент, а также установка и монтаж указанного электрооборудования должны производиться в соответствии с требованиями для помещения класса В-1а (5.5.5).

Вопрос. Какую мощность и напряжение должно иметь зарядное устройство?

Ответ. Должно иметь мощность и напряжение, достаточные для заряда аккумуляторной батареи на 90 % номинальной емкости в течение не более 8 часов (5.5.6).

Вопрос. При каких значениях сопротивления изоляции должна действовать сигнализация об уровне изоляции?

Ответ. Должна действовать при значениях сопротивления изоляции одного из полюсов ниже 20 кОм в сети напряжением 220 В, 10 кОм – в сети 110 В, 5 кОм – в сети 48 В и 3 кОм – в сети 24 В (5.5.8).

Вопрос. Как должны присоединяться к сети выпрямительные установки, применяемые для заряда и подзаряда аккумуляторных батарей?

Ответ. Должны присоединяться со стороны переменного тока через разделительный трансформатор, не имеющий заземления вторичной обмотки (5.5.10).

Вопрос. Какое устройство должны иметь аккумуляторные установки, в которых применяется режим заряда батарей с напряжением не более 2,4 В на элемент?

Ответ. Должны иметь устройство, не допускающее самопроизвольного повышения напряжения до уровня выше 2,4 В на элемент (5.5.12).

Вопрос. Какую блокировку следует предусматривать для аккумуляторной батареи?

Ответ. Следует предусматривать блокировку, не допускающую проведения заряда батареи с напряжением более 2,4 В на элемент при отключенной вентиляции (5.5.13).

Вопрос. Какое освещение должно быть предусмотрено в помещении аккумуляторной батареи?

Ответ. Должно быть предусмотрено аварийное освещение (5.5.15).

Вопрос. Как должны устанавливаться аккумуляторы?

Ответ. Аккумуляторы должны устанавливаться таким образом, чтобы обеспечивалось их удобное обслуживание, для чего следует применять специальные стеллажи. Аккумуляторы могут устанавливаться в один ряд при одностороннем их обслуживании или в два ряда при двухстороннем, а также многоярусно. В случае применения сдвоенных сосудов они рассматриваются как один аккумулятор.

Допускается размещение герметичных аккумуляторных батарей в стальных шкафах (5.5.16).

Вопрос. Какими должны быть проходы для обслуживания аккумуляторных батарей?

Ответ. Должны быть шириной в свету между аккумуляторами не менее 0,8 м при одностороннем и двухстороннем расположении аккумуляторов (5.5.19).

Вопрос. Каким должно быть расстояние от аккумуляторов до отопительных приборов?

Ответ. Должно быть не менее 0,75 м. Это расстояние может быть уменьшено при условии установки тепловых экранов из несгораемых материалов, исключающих местный нагрев аккумуляторов (5.5.20).

Вопрос. Какими должны быть расстояния между открытыми токоведущими частями аккумуляторов, а также их ошиновкой, расположенной на доступной высоте?

Ответ. Должны быть не менее: 0,8 м – при напряжении от 72 В до 250 В в период нормальной работы (не заряда) и 1 м – при напряжении выше 250 В.

При установке аккумуляторов в два ряда без прохода между рядами напряжение между открытыми токоведущими частями соседних аккумуляторов разных рядов не должно превышать 72 В в период нормальной работы (не заряда).

Электрооборудование, а также места соединения шин и кабелей должны быть расположены на расстоянии не менее 0,3 м ниже самой низкой точки потолка (5.5.21).

Вопрос. Как выполняются ошиновка и соединения аккумуляторных батарей?

Ответ. Должны выполняться медными неизолированными шинами или одножильными кабелями с медными жилами с кислотостойкой изоляцией.

Места присоединения шин и кабелей к аккумуляторам должны предусматривать возможность обслуживания.

Электрические соединения от аккумуляторной батареи до распределительного щита постоянного тока должны выполняться одножильными медными кабелями или неизолированными шинами.

Все соединения между аккумуляторами должны выполняться соединителями с наконечниками с помощью болтовых соединений, поставляемых производителем в комплекте с аккумуляторами (5.5.22).

Вопрос. Как окрашиваются неизолированные проводники?

Ответ. Должны быть дважды окрашены кислостойкой, не содержащей спирта, краской по всей длине, за исключением мест соединения шин, присоединения к аккумуляторам и других соединений. Неокрашенные места должны быть смазаны техническим вазелином (5.5.23).

Вопрос. Как определяется расстояние между соседними проводниками?

Ответ. Определяется расчетом на динамическую стойкость.

Указанное расстояние, а также расстояние от шин до частей здания и других заземленных частей должно быть в свету не менее 0,05 м (5.5.24).

Вопрос. Как прокладываются шины?

Ответ. Должны прокладываться на изоляторах и закрепляться на них шинодержателями.

Расстояние между опорными точками шин определяется расчетом на динамическую стойкость, но должен быть не более 2 м. Изоляторы, их арматура, детали для крепления шин и поддерживающие конструкции должны быть электрически и механически стойкими против длительного воздействия паров электролита. Заземление поддерживающих конструкций не требуется (5.5.25).

Вопрос. Какой должна быть выводная плита из помещения аккумуляторной батареи?

Ответ. Должна быть стойкой против воздействия паров электролита. Рекомендуется применять плиты из пропитанного парафином асбестоцемента, эбонита и т. п. При установке плит в перекрытии плоскость плиты должна возвышаться над ним не менее чем на 100 мм (5.5.26).

Строительная часть

Вопрос. В каких помещениях должны устанавливаться стационарные закрытые аккумуляторные батареи?

Ответ. Должны устанавливаться в специально предназначенных для них помещениях. Допускается установка в одном помещении нескольких кислотных батарей (5.5.27).

Помещение кислотной по обслуживанию аккумуляторов при отсутствии горючих веществ относится к категории Д (5.5.28).

Аккумуляторы закрытого типа, применяемые для обслуживания стационарных электроустановок, а также аккумуляторные батареи напряжением до 60 В общей емкостью не более 150 А·ч могут устанавливаться как в отдельном помещении с естественной вентиляцией, так и в общем производственном невзрыво- и непожароопасном помещении, в вентилируемых металлических шкафах с удалением воздуха из них вне данного помещения.

Аккумуляторы, работающие в режиме разряда или постоянного подзаряда, заряд которых производится вне места их установки, могут устанавливаться в металлических шкафах с жалюзи, без удаления воздуха вне данного помещения.

При соблюдении указанных условий категория помещения в отношении взрыво- и пожароопасности не изменяется (5.5.29).

Помещение стационарных герметичных батарей из свинцово-кислотных аккумуляторов с напряжением заряда более 2,4 В на элемент с устройством общеобменной вентиляции относится к категории Д.

Герметичные стационарные аккумуляторы могут размещаться совместно с электронным оборудованием в металлических шкафах, которые могут устанавливаться как отдельно, так и в общих рядах с другими устройствами. Вентиляция шкафов, в которых размещаются герметичные аккумуляторы, должна обеспечивать отсутствие взрывоопасной смеси. При этом вероятность возникновения пожара (взрыва) должна рассчитываться по ГОСТ 12.1.004 (5.5.30).

Вопрос. Каким должно быть помещение аккумуляторной батареи?

Ответ. Должно быть:

расположено возможно ближе к зарядным устройствам и распределительному щиту постоянного тока;

изолировано от попаданий в него пыли, испарений и газа, а также от проникновения воды через перекрытие;

легко доступно для обслуживающего персонала.

Помещение аккумуляторной батареи не следует размещать вблизи от источников вибрации, тряски и тепловых источников (5.5.31).

Вопрос. Как должен осуществляться вход в помещение аккумуляторной батареи при отнесении его к взрывоопасной категории?

Ответ. Должен осуществляться через тамбур-шлюз. Устройство входа из бытовых помещений не допускается.

Тамбур-шлюз должен иметь такие размеры, чтобы дверь из помещения аккумуляторной батареи в тамбур можно было открывать и закрывать при закрытой двери из тамбура в смежное помещение; площадь тамбура должна быть не менее 1,5 м^2.

Двери тамбура-шлюза должны открываться наружу и должны быть снабжены самозапирающимися замками, допускающими открывание их без ключа с внутренней стороны.

На дверях должны быть: надпись «Аккумуляторная» и знаки безопасности: «Запрещается пользоваться открытым огнем» и «Запрещается курить» (5.5.32).

Вопрос. Какая комната должна быть при помещениях аккумуляторных батарей?

Ответ. Должна быть отдельная комната площадью не менее 4 м² для хранения кислоты, сепараторов, принадлежностей для приготовления электролита (5.5.33).

Вопрос. Какими должны быть потолки помещений аккумуляторных батарей?

Ответ. Должны быть, как правило, горизонтальными и гладкими. Допускаются потолки с выступающими конструкциями или наклонные при условии выполнения требований п. 5.5.43 Правил. Применение подвесных потолков не допускается (5.5.34).

Вопрос. Какими должны быть полы помещений аккумуляторных батарей?

Ответ. Должны быть строго горизонтальными, на бетонном основании с кислостойким покрытием (керамические кислотоупорные плитки с заполнением швов кислостойким материалом или асфальт).

При установке аккумуляторов или стеллажей на асфальтовом покрытии должны быть применены опорные покрытия или площадки из прочного кислостойкого материала.

Внутри помещений аккумуляторной батареи и кислотной, а также у дверей этих помещений должен быть устроен плинтус из кислотостойкого материала (5.5.35).

Вопрос. Какие приспособления должны устанавливаться в помещениях аккумуляторных батарей с номинальным напряжением более 250 В в проходах для обслуживания?

Ответ. Должны устанавливаться деревянные решетки, изолирующие персонал от пола (5.5.38).

Санитарно-техническая часть

Вопрос. Какой системой вентиляции должны быть оборудованы помещения аккумуляторных батарей, в которых производится заряд аккумуляторов, при напряжении более 2,4 В на элемент?

Ответ. Должны быть оборудованы стационарной принудительной приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей в воздухе этих помещений содержание аэрозолей серной кислоты не более 1 мг/м³ и водорода в пределах взрывоопасной концентрации не более 0,4 % по объему.

Вытяжные системы должны быть сблокированы с работой зарядно-подзарядного агрегата таким образом, чтобы он не мог работать при отключении вентиляционных установок, а прекращение работы приточной вентиляции должно сигнализироваться на щит управления с постоянным пребыванием людей. Оборудование вытяжных установок независимо от категории помещения аккумуляторных батарей следует предусматривать во взрывозащищенном исполнении.

В помещениях кислотных следует предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию, рассчитанную на пятикратный воздухообмен (5.3.39).

Вопрос. Какая система должна предусматриваться для вентиляции помещений всех стационарных аккумуляторных батарей?

Ответ. Должна предусматриваться естественная вытяжная вентиляция с отсосом воздуха из верхней зоны в объеме не менее однократного воздухообмена. В период постоянного подзаряда и заряда при напряжении не выше 2,4 В на элемент принудительная вентиляция может не включаться (5.5.42).

Вопрос. Какие помещения должна обслуживать вентиляционная система аккумуляторных батарей?

Ответ. Должна обслуживать только помещения аккумуляторных батарей и кислотных. Объединение этих систем с вентиляционными системами других помещений запрещается.

При применении принудительной вентиляции вытяжку воздуха следует предусматривать из верхней зоны для удаления водорода и из нижней зоны для удаления аэрозолей серной кислоты.

Расстояние от верхней кромки верхних вентиляционных отверстий до потолка должно быть не более 100 мм, а от нижней кромки нижних вентиляционных отверстий от пола – не более 300 мм.

Если потолок имеет выступающие конструкции более 100 мм или наклон, вытяжку воздуха следует предусматривать соответственно из каждого отсека или из верхней части пространства.

Допускается выполнять потолки с выступающими конструкциями, предусматривая при этом устройства для перетока воздуха из каждого отсека.

Приток воздуха предусматривать со стороны, противоположной вытяжке, при этом он не должен быть направлен непосредственно на поверхность электролита.

Прокладка вытяжных воздуховодов в каналах (под полом) не разрешается.

Прокладка металлических воздуховодов над аккумуляторами запрещается.

Применение переносных вентиляционных коробов в помещениях аккумуляторных не допускается.

Выброс воздуха должен производиться через трубы или шахты на высоту не менее 1,5 м от конька кровли с защитой их от попадания атмосферных осадков.

В тамбур-шлюзе должен быть обеспечен подпор воздуха (5.5.43).

Вопрос. Какой принимается температура воздуха в помещениях аккумуляторных батарей?

Ответ. Принимается не ниже +10 °С (5.5.44).

Вопрос. Как рекомендуется осуществлять отопление помещения аккумуляторной батареи?

Ответ. Рекомендуется осуществлять при помощи калориферного устройства, располагаемого вне этого помещения и подающего теплый воздух через вентиляционный канал. При применении электроподогрева должны быть приняты меры против заноса искр через канал.

При устройстве парового или водяного отопления оно должно выполняться в пределах помещения аккумуляторной батареи гладкими трубами, соединенными сваркой. Фланцевые соединения и установка вентилей запрещаются (5.5.45).

Глава 5.6. СТАТИЧЕСКИЕ КОМПЕНСИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Статическое компенсирующее устройство	Электроустановка, не содержащая вращающихся частей и предназначенная для компенсации реактивной мощности, ограничения перенапряжений, повышения устойчивости электропередачи и поддержания параметров качества электроэнергии	5.6.2
Шунтирующие реакторы (ШР)	Высоковольтные реакторы, в том числе управляемые, подключаемые параллельно электрической сети	5.6.3
Нулевой реактор	Однофазный реактор, включаемый между нейтралью шунтирующего реактора и землей	5.6.4
Реакторная группа, коммутируемая выключателями	Электроустановка, содержащая трехфазную группу реакторов, подключаемая к обмотке низшего напряжения трансформатора (автотрансформатора) или шинам подстанции посредством выключателей	5.6.5
Тиристорно-реакторная группа (ТРГ)	Электроустановка, состоящая из трех соединенных в «треугольник» фаз, каждая из которых содержит последовательно включенные встречно-параллельный тиристорный вентиль и компенсирующий реактор, подключаемая к обмотке низшего напряжения трансформатора (автотрансформатора) или шинам подстанции	5.6.6
Встречно-параллельный тиристорный вентиль	Полупроводниковый вентиль, обладающий двухсторонней проводимостью	5.6.7
Компенсирующий реактор	Реактор регулируемого вентильного источника реактивной мощности, включаемого параллельно электрической сети	5.6.8

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Конденсаторная установка	Электроустановка, состоящая из конденсаторов, относящегося к ним вспомогательного электрооборудования (выключателей, разъединителей, разрядных резисторов, устройств регулирования, защиты и т. д.) и ошиновки. Может состоять из одной или нескольких конденсаторных батарей или из одного или нескольких отдельно установленных единичных конденсаторов, присоединенных к сети через коммутационные аппараты	5.6.9
Конденсаторная батарея	Группа единичных конденсаторов, электрически соединенных между собой	5.6.10
Единичный конденсатор	Конструктивное соединение одного или нескольких конденсаторных элементов в общем корпусе с наружными выводами	5.6.11
Конденсаторный элемент	Неделимая часть конденсатора, состоящая из токопроводящих обкладок, разделенных диэлектриком	5.6.12
Последовательный ряд	При параллельно-последовательном соединении конденсаторов в фазе батареи – часть батареи, состоящая из параллельно включенных конденсаторов	5.6.13
Фильтро-компенсирующее устройство (ФКУ)	Электроустановка, состоящая из конденсаторных батарей, фильтровых реакторов и в некоторых случаях – резисторов, электрически соединенных между собой, и относящегося к ним вспомогательного оборудования	5.6.14
Фильтровый реактор	Реактор, предназначенный для включения последовательно с конденсаторной батареей в фильтре, настроенном на пропускание тока определенной частоты	5.6.15
Статический тиристорный компенсатор (СТК)	Электроустановка, содержащая одну или несколько тиристорно-реакторных групп, фильтрокомпенсирующих устройств и (или) конденсаторных установок, систему автоматического управления	5.6.16

Область применения

Вопрос. На какие компенсирующие устройства распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на статические компенсирующие устройства в электроэнергетических системах и системах электроснабжения потребителей напряжением от 0,4 до 750 кВ, в том числе:

шунтирующие реакторы;
реакторные группы, коммутируемые выключателями;
тиристорно-реакторные группы;
конденсаторные установки;
фильтрокомпенсирующие устройства;
статические тиристорные компенсаторы.

Глава не распространяется на устройства продольной емкостной компенсации (5.6.1).

Общие требования

Вопрос. Из какого материала должны выполняться бетонные основания для установки компенсирующих и фильтровых реакторов без магнитной системы?

Ответ. Как правило, должны выполняться из неармированного бетона. Нижние металлические фланцы опорных изоляторов реакторов должны быть соединены с общим контуром заземления ПС. При этом не должны образовываться замкнутые контуры (5.6.22).

Шунтирующие реакторы (ШР)

Вопрос. Исходя из каких условий рекомендуется производить распределение суммарной мощности ШР по ПС или линиям 110–750 кВ?

Ответ. Рекомендуется производить исходя из компенсации зарядной мощности половины длины примыкающих к ПС линий с учетом потребления реактивной мощности местной нагрузкой и с учетом ограничений по реактивной мощности генераторов электростанции, работающей на данные линии (5.6.23).

Вопрос. На каких ПС следует устанавливать ШР?

Ответ. Следует устанавливать на ПС напряжением 110–750 кВ. На промежуточных ПС рекомендуется выполнять присоединение ШР с возможностью их отключения для увеличения пропускной способности линии электропередачи (5.6.24).

Вопрос. Какое включение реакторов следует применять на линиях электропередачи 330–750 кВ для ограничения перенапряжений при аварийных коммутациях?

Ответ. Как правило, следует применять быстродействующее включение реакторов (5.6.25).

Вопрос. К каким линиям электропередачи рекомендуется подключать ШР?

Ответ. Рекомендуется подключать к линиям электропередачи напряжением 330–750 кВ для снижения внутренних перенапряжений при односторонних включениях и отключениях линии. Для гашения дуги в цикле ОАПВ в нейтраль ШР рекомендуется устанавливать нулевой реактор с параллельно подключаемыми ОПН и выключателем (5.6.26).

Вопрос. Какая автоматика должна быть предусмотрена в схеме управления ШР?

Ответ. Должна быть предусмотрена автоматика, обеспечивающая:

включение ШР защитой от повышения напряжения;

отключение ШР по условиям устойчивости электропередачи и при снижении напряжения;

включение и отключение ШР при действии РЗ линии (5.6.27).

Вопрос. Какие устройства должны быть подключены для защиты ШР от внутренних или грозовых перенапряжений?

Ответ. Параллельно ШР должны быть подключены ОПН. Выбор параметров, количества и схемы расстановки ОПН осуществляется исходя из условий подключения ШР к линии (5.6.29).

Реакторные группы, коммутируемые выключателями

Вопрос. С какой целью допускается подключение к обмотке низшего напряжения трансформатора (автотрансформатора) нескольких реакторных групп?

Ответ. Допускается для обеспечения дискретного (ступенчатого) регулирования напряжения. Суммарная мощность реакторных групп и параллельно включенной нагрузки не должна превышать номинальную мощность обмотки низшего напряжения трансформатора (автотрансформатора) (5.6.30).

Вопрос. Что должна обеспечивать система управления реакторных групп?

Ответ. Должна обеспечивать коммутацию групп как вручную, так и автоматически от системы регулирования напряжения и реактивной мощности (5.6.33).

Тиристорно-реакторные группы (ТРГ)

Вопрос. В каком виде рекомендуется выполнять компенсирующий реактор в фазе ТРГ?

Ответ. Рекомендуется выполнять в виде двух секций, между которыми включается встречно-параллельный тиристорный вентиль (5.6.34).

Вопрос. Как выполняется электрическая связь между компенсирующими реакторами и тиристорными вентилями?

Ответ. Рекомендуется выполнять с помощью шин. Допускается применение кабелей без металлической оболочки (5.6.35).

Вопрос. Какие реакторы должны применяться в качестве компенсирующих реакторов для ТРГ?

Ответ. Как правило, должны применяться реакторы без магнитной системы с естественным воздушным охлаждением. Допускается применение реакторов с магнитной системой с линейной характеристикой при токах до 2-кратного значения номинального тока (5.6.36).

Вопрос. На каком расстоянии от обмотки реактора должны находиться все замкнутые металлические контуры и металлоконструкции?

Ответ. При применении компенсирующих реакторов без магнитной системы должны находиться на расстоянии не менее диаметра обмотки.

Расстояния между осями реакторов соседних фаз должны быть не менее двух диаметров обмотки (5.6.37).

Вопрос. Что должен обеспечивать встречно-параллельный тиристорный вентиль?

Ответ. Должен обеспечивать работу ТРГ при кратковременном повышении напряжения в сети не более 130 % номинального значения. При превышении этого уровня должно обеспечиваться включение вентиля с углом управления 90 эл. град (5.6.39).

Вопрос. Для каких целей предназначаются тиристорные вентили с масляной системой охлаждения?

Ответ. Предназначаются для наружной установки; с водяной системой и принудительным воздушным охлаждением – для внутренней установки (5.6.40).

Вопрос. С помощью каких кабелей осуществляется передача сигналов управления от шкафа тиристорного вентиля до тиристорных вентилей?

Ответ. Осуществляется с помощью электрических кабелей и (или) ОК. Длина кабеля должна быть не более 50 м (5.6.46).

Вопрос. От каких систем должны питаться шкафы тиристорных вентилей и системы автоматического управления?

Ответ. Как правило, должны питаться от двух независимых систем СН ПС, не имеющих других потребителей, кроме устройств электронной автоматики (5.6.48).

Вопрос. Какому климатическому исполнению должны соответствовать шкафы тиристорных вентилей и системы автоматического управления, если это не оговорено в технических условиях?

Ответ. Должны соответствовать климатическому исполнению УХЛ категории размещения 4 по ГОСТ 15150–69 и ГОСТ 15543–70.

Температурный диапазон: от +5 до +35 °С; относительная влажность: не более 80 % при 25 °С; окружающая среда: невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли или химически активных газов, испарений и осадков в концентрациях, разрушающих изоляцию и металл; содержание нетокопроводящей пыли в помещении не более 0,7 мг/м^3 (5.6.52).

Конденсаторные установки

Вопрос. Через какие коммутационные аппараты присоединяются к сети конденсаторные установки?

Ответ. Как правило, присоединяются через отдельный коммутационный аппарат или через общий коммутационный аппарат вместе с силовым трансформатором, асинхронным двигателем или другим электроприемником (5.6.51).

Вопрос. Из каких конденсаторов могут собираться конденсаторные батареи на напряжение выше 10 кВ?

Ответ. Могут собираться из единичных конденсаторов путем их параллельно-последовательного соединения. Число последовательных рядов и число конденсаторов в ряду должно быть таким, чтобы при отключении одного из них из-за перегорания предохранителя напряжение на оставшихся конденсаторах не превышало допустимого значения (5.6.53).

Вопрос. Какое устройство должен иметь разъединитель конденсаторной батареи?

Ответ. Должен иметь сблокированные с ним заземляющие ножи со стороны батареи. Разъединители конденсаторной батареи должны быть также сблокированы с выключателем батареи (5.6.56).

Вопрос. Какие устройства должны иметь конденсаторные батареи?

Ответ. Должны иметь разрядные устройства. Единичные конденсаторы для конденсаторных батарей рекомендуется применять со встроенными разрядными резисторами. Допускается установка конденсаторов без встроенных разрядных резисторов, если на выводы единичного конденсатора или последовательного ряда конденсаторов постоянно подключено разрядное устройство. Разрядные устройства могут не устанавливаться на батареях напряжением до 1 кВ, если они присоединены к сети через трансформатор и между батареей и трансформатором отсутствуют коммутационные аппараты.

В качестве разрядных устройств могут применяться: ТН или устройства с активно-индуктивным сопротивлением – для конденсаторных установок напряжением выше 1 кВ; устройства с активным или активно-индуктивным сопротивлением – для конденсаторных установок напряжением до 1 кВ (5.6.57).

Вопрос. Какое длительное протекание тока должны допускать аппараты и токоведущие части в конденсаторной батарее?

Ответ. Должны допускать длительное протекание тока величиной 130 % номинального тока батареи (5.6.59).

Вопрос. Какие защитные приспособления должны иметь конденсаторные установки, размещенные в общем помещении?

Ответ. Должны иметь сетчатые ограждения или защитные кожухи. Должны быть также выполнены устройства, предотвращающие растекание пропитывающей жидкости по кабельным каналам и полу помещения при нарушении герметичности корпусов конденсаторов и обеспечивающие удаление паров жидкости из помещения (5.6.62).

Вопрос. Допускается ли установка в одном помещении с конденсаторами батареи относящегося к ним вспомогательного электрооборудования?

Ответ. Допускается, в т. ч. разрядных резисторов, разъединителей, выключателей и измерительных трансформаторов и устройств защиты от перенапряжений (5.6.63).

Вопрос. Каковы противопожарные требования при наружной установке конденсаторов, заполненных пропитывающей жидкостью?

Ответ. Должны устанавливаться согласно противопожарным требованиям группами мощностью не более 30 Мвар каждая. Расстояние в свету между группами одной конденсаторной установки должно быть не менее 4 м, а между группами разных конденсаторных установок – не менее 6 м (5.6.54).

Вопрос. Какими проводниками должны выполняться соединение выводов конденсаторов между собой и присоединение их к шинам?

Ответ. Должны выполняться гибкими перемычками с применением концевых или аппаратных вводов (5.6.69).

Вопрос. Как присоединяются ФКУ к сети?

Ответ. Как правило, присоединяются к сети через отдельный коммутационный аппарат (5.6.73).

Вопрос. По какой схеме выполняется ФКУ?

Ответ. Как правило, выполняется по схеме одночастотного или широкополосного фильтров. Состав и схемы ФКУ определяются расчетом с учетом нагрузки и схемы сети (5.6.74).

Вопрос. Допускается ли подключение к сети нескольких ФКУ с одной номинальной частотой настройки?

Ответ. Допускается при условии, что их фактические частоты настройки имеют одинаковые по знаку отклонения от номинального значения (5.6.76).

Вопрос. При каких условиях допускается отключение и включение отдельных ФКУ и (или) конденсаторных установок?

Ответ. Допускается, если в результате этого не возникают недопустимые перегрузки электрооборудования из-за резонансных явлений (5.6.77).

Вопрос. По какой схеме соединений выполняются ФКУ?

Ответ. Как правило, выполняются по схеме «звезда». При этом фильтровые реакторы устанавливаются со стороны сети (5.6.79).

Вопрос. Каковы предельные значения допустимых отклонений емкости конденсаторной батареи ФКУ?

Ответ. Не должны превышать ±5 % от номинального значения с учетом изменения емкости за нормативный срок службы и в зависимости от температуры (5.6.81).

Вопрос. Как рекомендуется выполнять электрическую связь между фильтровыми реакторами и конденсаторной батареей?

Ответ. Рекомендуется выполнять с помощью шин. Допускается применение кабелей связи без металлической оболочки (5.6.85).

Статические тиристорные компенсаторы (СТК)

Вопрос. Что должны обеспечивать СТК?

Ответ. Должны обеспечивать плавное быстродействующее регулирование напряжения и реактивной мощности с целью достижения требуемого качества энергии по напряжению в точках общего присоединения потребителей, а также повышения статической и динамической устойчивости энергосистемы (5.6.88).

Вопрос. К каким шинам подключаются СТК для электрических сетей напряжением до 110 кВ включительно?

Ответ. Как правило, подключаются непосредственно к шинам ПС, свыше 110 кВ – к обмоткам низшего напряжения трансформаторов (автотрансформаторов) (5.6.89).

Вопрос. Какие выключатели следует применять для коммутации ФКУ и конденсаторных установок СТК на шины напряжением 35 кВ и выше?

Ответ. Как правило, следует применять элегазовые выключатели (5.6.91).

Вопрос. Какие устройства РЗ должны быть предусмотрены для реакторных групп, коммутируемых выключателями?

Ответ. Должны быть предусмотрены устройства РЗ от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

многофазных замыканий на выводах реакторов;

однофазных замыканий на землю;

витковых замыканий в обмотках реакторов;

токов в обмотках реакторов, обусловленных перегрузкой;

понижения уровня масла и выделения газов в реакторах с масляной системой охлаждения (5.6.96).

Вопрос. Какие устройства РЗ должны быть предусмотрены для ТРГ?

Ответ. Должны быть предусмотрены устройства РЗ от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

многофазных замыканий на выводах компенсирующих реакторов;

однофазных замыканий на землю;

витковых замыканий в обмотках реакторов;

токов ветви ТРГ, обусловленных перегрузкой;

понижения уровня масла и выделения газов в компенсирующих реакторах с масляной системой охлаждения;

понижения напряжения СН питания шкафов управления тиристорных вентилей и системы автоматического управления (5.6.97).

Вопрос. На каких реакторах должна устанавливаться газовая защита от повреждений внутри бака и от понижения уровня масла?

Ответ. Должна устанавливаться на реакторах с масляной системой охлаждения мощностью 6,3 МВ·А и более (5.6.98).

Вопрос. Какие защиты должны иметь конденсаторные установки?

Ответ. Должны иметь защиту от токов КЗ, действующую на отключение без выдержки времени. Защита должна быть отстроена от токов включения установки и импульсов тока при перенапряжениях (5.6.99).

Конденсаторная установка, как правило, должна иметь защиту от повышения напряжения, отключающую ее при повышении действующего значения напряжения сверх допустимого с выдержкой времени. Повторное включение конденсаторной установки допускается при условии, что остаточное напряжение на ней не превышает 10 % номинального значения (5.6.100).

В случаях, когда возможна перегрузка конденсаторов токами высших гармоник, должна быть предусмотрена защита, отключающая конденсаторную установку с выдержкой времени при действующем значении тока единичных конденсаторов, превышающем 130 % номинального значения (5.6.101).

Для конденсаторной установки, имеющей две или более параллельные ветви, рекомендуется применять защиту, срабатывающую при нарушении равенства токов ветвей (5.6.102).

Вопрос. Какие защиты должны иметь ФКУ?

Ответ. Должны иметь устройства РЗ от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

многофазных замыканий на выводах реакторов и конденсаторных батарей;

однофазных замыканий на землю;

витковых замыканий в обмотках реакторов;

токов, обусловленных перегрузкой;

выхода конденсаторов из строя;

понижения уровня масла и выделения газов в фильтровых реакторах с масляной системой охлаждения (5.6.104).

Вопрос. Как должна действовать защита ФКУ от перегрузки?

Ответ. Должна действовать на отключение при действующем значении тока с учетом высших гармоник, равном 130 % номинального значения (5.6.105).

Что должна обеспечивать автоматика СТК?

Ответ. Должна обеспечивать поочередное подключение ФКУ к шинам ПС, начиная с фильтра низшей гармоники, а отключение – в обратном порядке (5.6.108).

Вопрос. Как выполняются измерения токов и напряжений в цепях статических компенсирующих устройств?

Ответ. Должны выполняться в соответствии с требованиями гл. 1.6 настоящих Правил (5.6.109).

Вопрос. Как учитывается реактивная мощность статического компенсирующего устройства?

Ответ. Должна учитываться в соответствии с требованиями гл. 1.5 настоящих Правил (5.6.110).

Раздел 6

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Питающая осветительная сеть	Сеть от РУ ПС или ответвления от ВЛ до ВУ, ВРУ, ГРЩ	6.1.3
Распределительная сеть	Сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов, щитков и пунктов питания наружного освещения	6.1.4
Групповая сеть	Сеть от щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников	6.1.5
Пункт питания наружного освещения	Электрическое РУ для присоединения групповой сети наружного освещения к источнику питания	6.1.6
Фаза ночного режима	Фаза питающей или распределительной сети наружного освещения, не отключаемая в ночные часы	6.1.7
Каскадная система управления наружным освещением	Система, осуществляющая последовательное включение (отключение) участков групповой сети наружного освещения	6.1.8
Провода зарядки светильника	Провода, прокладываемые внутри светильника от установленных в нем контактных зажимов или штепсельных разъемов для присоединения к сети (для светильника, не имеющего внутри контактных зажимов или штепсельного разъема, – провода или кабели, от места присоединения светильника к сети) до установленных в светильнике аппаратов и ламповых патронов	6.1.9

Область применения

Вопрос. На какие установки электрического освещения распространяется настоящий раздел Правил?

Ответ. Распространяется на установки электрического освещения зданий, помещений и сооружений наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов, территорий предприятий и учреждений, на установки оздоровительного ультрафиолетового облучения длительного действия, установки световой рекламы, световые знаки и иллюминационные установки (6.1.1).

Общие требования

Вопрос. Какие лампы следует применять для электрического освещения?

Ответ. Следует применять, как правило, разрядные лампы низкого давления (например, люминесцентные), лампы высокого давления (например, металлогалогенные типа ДРИ, ДРИЗ, натриевые типа ДНаТ, ксеноновые типа ДКсТ, ДКсТЛ, ртутно-вольфрамовые, ртутные типа ДРЛ). Допускается использование и ламп накаливания.

Применение для внутреннего освещения ксеноновых ламп типа ДКсТ (кроме ДКсТЛ) допускается с разрешения Госсанинспекции и при условии, что горизонтальная освещенность на уровнях, где возможно длительное пребывание людей, не превышает 150 лк, а места нахождения крановщиков экранированы от прямого света ламп.

При применении люминесцентных ламп в осветительных установках должны соблюдаться следующие условия для обычного исполнения светильников:

температура окружающей среды не должна быть ниже плюс 5 °С,

напряжение у осветительных приборов должно быть не менее 90 % номинального (6.1.11).

Вопрос. Какие светильники рекомендуются для аварийного освещения?

Ответ. Рекомендуется применять светильники с лампами накаливания или люминесцентными. Разрядные лампы высокого давления допускается использовать при обеспечении их мгновенного зажигания и перезажигания (6.1.12).

Вопрос. Какое напряжение должно применяться для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения?

Ответ. Как правило, должно применяться напряжение не выше 220 В переменного или постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В может применяться для всех стационарно установленных осветительных приборов вне зависимости от высоты их установки.

Напряжение 380 В для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения может использоваться при соблюдении следующих условий:

ввод в осветительный прибор и независимый, не встроенный в прибор, пускорегулирующий аппарат выполняется проводами или кабелем с изоляцией на напряжение не менее 660 В;

ввод в осветительный прибор двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 В не допускается (6.1.13).

Вопрос. Каковы требования к применению светильников в помещениях с повышенной опасностью и особоопасных при высоте установки светильников общего освещения над полом или площадкой обслуживания менее 2,5 м?

Ответ. Применение светильников класса защиты 0 запрещается; необходимо применять светильники класса защиты 2 или 3. Допускается использование светильников класса защиты I; в этом случае цепь должна быть защищена УЗО с током срабатывания до 30 мА (6.1.14).

Вопрос. Каковы условия применения осветительных приборов, установленных ниже 2,5 м от поверхности земли или площадки обслуживания в установках освещения фасадов зданий, скульптур, монументов, подсвета зелени?

Ответ. Может применяться напряжение до 380 В при степени защиты осветительных приборов не ниже *IP*54.

В установках освещения фонтанов и бассейнов номинальное напряжение питания погружаемых в воду осветительных приборов должно быть не более 12 В (6.1.15).

Вопрос. Какие предельные напряжения должны применяться для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания?

Ответ. Должны применяться напряжения:

в помещениях без повышенной опасности – не выше 220 В;

в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных – не выше 50 В. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных допускается напряжение до 220 В для светильников; в этом случае должно быть предусмотрено или защитное отключение линии при токе утечки до 30 мА, или питание каждого светильника через разделяющий трансформатор (6.1.16).

Вопрос. Какое напряжение может применяться для питания светильников местного освещения с люминесцентными лампами?

Ответ. Может применяться напряжение не выше 220 В. При этом в помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в арматуре специальной конструкции (6.16).

Вопрос. При каком напряжении могут применяться для местного освещения лампы ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ и ДНаТ?

Ответ. Могут применяться при напряжении не выше 220 В в арматуре, специально предназначенной для местного освещения (6.1.16).

Вопрос. Какое напряжение должно применяться для питания переносных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных?

Ответ. Должно применяться напряжение не выше 50 В (6.1.17).

Вопрос. Какое напряжение должно применяться для питания ручных светильников при наличии особо неблагоприятных условий и в наружных установках?

Ответ. Должно применяться напряжение не выше 12 В (6.1.17).

Вопрос. Какое напряжение допускается для переносных светильников, устанавливаемых на переставных стойках на высоте 2,5 м и более?

Ответ. Допускается применять напряжение до 380 В (6.1.17).

Вопрос. Как должно производиться питание светильников напряжением до 50 В?

Ответ. Должно производиться от разделяющих трансформаторов или автономных источников питания (6.1.18).

Аварийное освещение

Вопрос. На какие виды разделяется аварийное освещение?

Ответ. Разделяется на освещение безопасности (предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения) и эвакуационное (6.1.21).

Вопрос. Какие требования предъявляются к питанию светильников рабочего освещения и светильникам освещения безопасности в производственных и общественных зданиях и на открытых пространствах?

Ответ. Должны питаться от независимых источников (6.1.21).

Вопрос. К какой сети должны быть присоединены светильники и световые указатели эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением и в общественных и жилых зданиях?

Ответ. Должны быть присоединены к сети, не связанной с сетью рабочего освещения, начиная от щита ПС (распределительного пункта освещения), или при наличии только одного ввода, начиная от ВРУ (6.1.22).

В зданиях без естественного освещения их питание следует выполнять аналогично питанию светильников освещения безопасности (6.1.23).

Вопрос. Что должно предусматриваться в производственных зданиях без естественного света в помещениях, где может одновременно находиться 20 и более человек, независимо от наличия освещения безопасности?

Ответ. Должно предусматриваться эвакуационное освещение по основным проходам и световые указатели «Выход», автоматически переключаемые при прекращении их питания на третий независимый внешний или местный источник (аккумуляторная батарея, дизель-генераторная установка и т. п.), не используемый в нормальном режиме для питания рабочего освещения, освещения безопасности и эвакуационного освещения, или светильники эвакуационного освещения и указатели «Выход» должны иметь автономный источник питания (6.1.23).

Вопрос. Как могут питаться светильники эвакуационного освещения, световые указатели эвакуационных и (или) запасных выходов в зданиях любого назначения, снабженные автономными источниками питания, в нормальном режиме?

Ответ. Могут питаться от сетей любого вида освещения, не отключаемых во время функционирования зданий (6.1.25).

Вопрос. Допускается ли применение для рабочего освещения, освещения безопасности и (или) эвакуационного освещения общих групповых щитков, а также установка аппаратов управления рабочим освещением, освещением безопасности и (или) эвакуационным освещением в общих шкафах?

Ответ. Такое применение не допускается, за исключением аппаратов вспомогательных цепей (например, сигнальных ламп, ключей управления). Разрешается питание освещения безопасности и эвакуационного освещения от общих щитков (6.1.27).

Вопрос. Можно ли использовать сети, питающие силовые электроприемники, для питания освещения безопасности и эвакуационного освещения в производственных зданиях без естественного освещения?

Ответ. Использовать такие сети не допускается (6.1.28).

Выполнение и защита осветительных сетей

Вопрос. Как должно выбираться сечение нулевых рабочих проводников трехфазных питающих и групповых линий с лампами люминесцентными, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ при одновременном отключении всех фазных проводов линии?

Ответ. Должно выбираться:

для участков сети, по которые протекает ток от ламп с компенсированными пускорегулирующими аппаратами, равным фазному независимо от сечения;

для участков сети, по которым протекает ток от ламп с некомпенсированными пускорегулирующими аппаратами, равным фазному при сечении фазных проводников менее или равном 16 мм^2 для медных и 25 мм^2 для алюминиевых проводов и не менее 50 % сечения фазных проводников при больших сечениях, но не менее 16 мм^2 для медных и 25 мм^2 для алюминиевых проводов (6.1.31).

Вопрос. Каким следует принимать сечение нулевых рабочих проводников при защите трехфазных осветительных питающих и групповых линий предохранителями или однополюсными автоматическими выключателями при любых источниках света?

Ответ. Следует принимать равным сечению фазных проводников (6.1.32).

Вопрос. Как должны быть защищены трансформаторы, используемые для питания светильников напряжением до 50 В?

Ответ. Должны быть защищены со стороны высшего напряжения. Защита должна быть предусмотрена также на отходящих линиях низшего напряжения. Если трансформаторы питаются отдельными группами от щитков и аппарат защиты на щитке обслуживает не более трех трансформаторов, то установка дополнительных аппаратов защиты со стороны высшего напряжения каждого трансформатора необязательна (6.1.35).

Вопрос. Разрешается ли установка предохранителей, автоматических и неавтоматических однополюсных выключателей в нулевых рабочих проводах в сетях с заземленной нейтралью?

Ответ. Такая установка аппаратов защиты запрещается (6.1.36).

Вопрос. Как следует осуществлять защитное заземление металлических корпусов светильников общего освещения с лампами накаливания и с лампами люминесцентными, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, натрисвыми со встроенными внутрь светильника пускорегулирующими аппаратами?

Ответ. Следует осуществлять:

в сетях с заземленной нейтралью – присоединением к заземляющему винту корпуса светильника *PE*-проводника. Заземление корпуса светильника ответвлением от нулевого рабочего провода внутри светильника запрещается;

в сетях с изолированной нейтралью, а также в сетях, переключаемых на питание от аккумуляторной батареи, – присоединением к заземляющему винту корпуса светильника защитного проводника. При вводе в светильник проводов, не имеющих механической защиты, защищенный проводник должен быть гибким (6.1.38).

Вопрос. Как следует осуществлять защитное заземление корпусов светильников общего освещения с лампами ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ и люминесцентными с вынесенными пускорегулирующими аппаратами?

Ответ. Следует осуществлять при помощи перемычки между заземляющим винтом заземленного пускорегулирующего аппарата и заземляющим винтом светильника (6.1.39).

Вопрос. Каким требованиям должно удовлетворять защитное заземление металлических корпусов светильников местного освещения напряжением выше 50 В?

Ответ. Должно удовлетворять следующим требованиям:

если защитные проводники присоединяются не к корпусу светильника, а к металлической конструкции, на которой светильник установлен, то между этой конструкцией, кронштейном и корпусом светильника должно быть надежное электрическое соединение;

если между кронштейном и корпусом светильника нет надежного электрического соединения, то оно должно быть осуществлено при помощи специально предназначенного для этой цели защитного проводника (6.1.41).

Вопрос. Какие переносные светильники должны применяться в помещениях без повышенной опасности производственных, жилых и общественных зданий при напряжении выше 50 В?

Ответ. Должны применяться переносные светильники класса I (6.1.43).

Вопрос. Можно ли подключать под общий контактный зажим защитные проводники в сетях с заземленной нейтралью в групповых линиях, питающих светильники общего освещения и штепсельные розетки?

Ответ. Не допускается подключать под общий контактный зажим нулевой рабочий и нулевой защитный проводники (6.1.44).

Вопрос. Что должно быть дополнительно выполнено при осуществлении защитного заземления осветительных приборов наружного освещения?

Ответ. Должно быть выполнено также подключение железобетонных и металлических опор, а также тросов к заземлителю в сетях с изолированной нейтралью и к *PE*(*PEN*)-проводнику – в сетях с заземленной нейтралью (6.1.45).

Вопрос. Каковы требования к выполнению заземления при установке осветительных приборов наружного освещения на железобетонных и металлических опорах электрифицированного городского транспорта в сетях с изолированной нейтралью?

Ответ. Осветительные приборы и опоры заземлять не допускается. В сетях с заземленной нейтралью они должны быть присоединены к *PEN*-проводнику (6.1.46).

Вопрос. Какая защитная мера рекомендуется для установок наружного освещения: освещения фасадов зданий, монументов и т. п., наружной световой рекламы и указателей в сетях *TN–S* или *TN–C–S*?

Ответ. Рекомендуется установка УЗО с током срабатывания до 30 мА, при этом фоновое значение токов утечки должно быть по крайней мере в три раза меньше уставки срабатывания УЗО по дифференциальному току (6.1.49).

Глава 6.2. ВНУТРЕННЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Общие требования

Вопрос. Как должна выполняться компенсация реактивной мощности светильников с люминесцентными лампами?

Ответ. Светильники должны применяться с пускорегулирующими аппаратами, обеспечивающими коэффициент мощности не ниже 0,9 при светильниках на две лампы и более и 0,85 при одноламповых светильниках.

Для ламп типа ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ может применяться как групповая, так и индивидуальная компенсация реактивной мощности. При групповой компенсации компенсирующие устройства должны отключаться одновременно с отключением ламп (6.2.1).

Вопрос. Как может осуществляться питание светильника местного освещения?

Ответ. Может осуществляться без понижающего трансформатора или через него при помощи ответвления от силовой цепи механизма или станка, для которых предназначен светильник. При этом отдельный защитный аппарат в осветительной цепи может не устанавливаться, если защитный аппарат силовой цепи имеет ток уставки не более 25 А (6.2.2).

Вопрос. Как должно производиться питание установок оздоровительного ультрафиолетового облучения?

Ответ. Должно производиться:

установок длительного действия — по отдельным групповым линиям от щитков рабочего освещения или самостоятельных групповых щитков;

установок кратковременного действия (фотариев) — по отдельным линиям от электросиловой сети или питающей сети рабочего освещения (6.2.3).

Питающая осветительная сеть

Вопрос. Как допускается питать рабочее освещение, освещение безопасности и эвакуационное освещение?

Ответ. Допускается питать от общих линий с электросиловыми и установками или от силовых распределительных пунктов (за исключением производственных зданий без естественного освещения) (6.2.5).

Вопрос. Что можно применять вместо групповых щитков при использовании шинопроводов в качестве линий питающей осветительной сети?

Ответ. Могут применяться присоединяемые к шинопроводу отдельные аппараты защиты и управления для питания групп светильников (6.2.7).

Вопрос. В каких местах должны устанавливаться аппараты защиты и управления?

Ответ. Должны устанавливаться в местах присоединения линий питающей осветительной сети к линии питания электросиловых установок или к силовым распределительным пунктам. При питании осветительной сети от силовых распределительных пунктов, к которым присоединены непосредственно силовые электроприемники, осветительная сеть должна подключаться к вводным зажимам этих пунктов (6.2.8).

Групповая сеть

Вопрос. Какое предельное количество ламп должна содержать каждая групповая линия?

Ответ. Должна содержать, как правило, на фазу не более 20 ламп накаливания, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ; в это число включаются также штепсельные розетки.

В производственных, общественных и жилых зданиях на однофазные группы освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий и чердаков допускается присоединять до 60 ламп накаливания, каждая мощностью до 60 Вт.

Для групповых линий, питающих световые карнизы, световые потолки и т. п. с лампами накаливания, а также светильники с люминесцентными лампами мощностью до 80 Вт, рекомендуется присоединять до 60 ламп на фазу; для линий, питающих светильники с люминесцентными лампами мощностью до 40 Вт включительно, может присоединяться до 75 ламп на фазу и мощностью до 20 Вт включительно – до 100 ламп на фазу. В групповых линиях, питающих лампы мощностью 10 кВт и более, каждая лампа должна иметь самостоятельный аппарат защиты (6.2.10).

Вопрос. В каких местах групповых линий должны быть установлены аппараты защиты?

Ответ. Должны быть установлены в начале каждой групповой линии, в том числе питаемой от шинопроводов на всех фазных проводниках. Установка аппаратов защиты в нулевых защитных проводниках запрещается (6.2.11).

Вопрос. Как должны прокладываться рабочие нулевые проводники групповых линий?

Ответ. Должны прокладываться при применении металлических труб совместно с фазными проводниками в одной трубе, а при прокладке кабелями или многожильными проводами должны быть заключены в общую оболочку с фазными проводами (6.2.12).

Вопрос. Допускается ли совместная прокладка проводов и кабелей групповых линий рабочего освещения с групповыми линиями освещения безопасности и эвакуационного освещения?

Ответ. Такая прокладка не рекомендуется. Допускается их совместная прокладка на одном монтажном профиле, в одном коробе, лотке при условии, что приняты специальные меры, исключающие возможность повреждения проводов освещения безопасности и эвакуационного при не-

исправности проводов рабочего освещения, в корпусах и штангах светильников (6.2.13).

Вопрос. При каком условии допускается питать от разных фаз одного трехфазного шинопровода светильники рабочего освещения, освещения безопасности и эвакуационного освещения?

Ответ. Допускается при условии прокладки к шинопроводу самостоятельных линий для рабочего освещения и освещения безопасности или эвакуационного освещения (6.2.14).

Вопрос. Какое требование предъявляется к светильникам, устанавливаемым в подвесные потолки из горючих материалов?

Ответ. Должны иметь между местами их примыкания к конструкции потолка прокладки из негорючих теплостойких материалов в соответствии с требованиями норм пожарной безопасности (6.2.15).

Глава 6.3. НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Источники света, установка осветительных приборов и опор

Вопрос. Как могут устанавливаться осветительные приборы наружного освещения (светильники, прожекторы)?

Ответ. Могут устанавливаться на специально предназначенных для наружного освещения опорах, опорах ВЛ напряжением до 1 кВ, опорах контактной сети электрифицированного городского транспорта всех видов токов напряжением до 600 В, стенах и перекрытиях зданий и сооружений, мачтах (в том числе мачтах отдельно стоящих молниеотводов), технологических эстакадах, площадках технологических установок и дымовых труб, парапетах и ограждениях мостов и транспортных эстакад, на металлических, железобетонных и других конструкциях зданий и сооружений независимо от отметки их расположения; могут быть подвешены на тросах, укрепленных на стенах зданий и опорах, а также установлены на уровне земли и ниже (6.3.2).

Вопрос. Как должна выполняться установка светильников наружного освещения на опорах ВЛ напряжением до 1 кВ?

Ответ. Должна выполняться:

при обслуживании светильников с телескопической вышки с изолирующим звеном, как правило, выше проводов ВЛ или на уровне нижних проводов ВЛ при размещении светильников и проводов ВЛ с разных сторон опор. Расстояние по горизонтали от светильника до ближайшего провода ВЛ должно быть не менее 0,6 м;

при обслуживании светильников иными способами – ниже проводов ВЛ. Расстояние по вертикали от светильника до провода ВЛ (в свету) должно быть не менее 0,2 м, расстояние по горизонтали от светильника до опоры (в свету) должно быть не более 0,4 м (6.3.3).

Вопрос. На какой предельной высоте должны устанавливаться светильники над проезжей частью улиц, дорог и площадей?

Ответ. Должны устанавливаться на высоте не менее 6,5 м. При установке светильников над контактной сетью трамвая высота установки светильников должна быть не менее 8 м до головки рельса. При расположении светильников над контактной сетью троллейбуса – не менее 9 м от уровня проезжей части. Расстояние по вертикали от проводов линий уличного освещения до поперечин контактной сети или до подвешенных к поперечинам иллюминационных гирлянд должно быть не менее 0,5 м (6.3.5).

Вопрос. На какой предельной высоте должны устанавливаться светильники над бульварами и пешеходными дорогами?

Ответ. Должны устанавливаться на высоте не менее 3 м. Наименьшая высота установки осветительных приборов для освещения газонов и фасадов зданий и сооружений и для декоративного освещения не ограничивается при условии соблюдения требований п. 6.1.15 Правил (6.3.6).

Вопрос. Как могут устанавливаться светильники для освещения транспортных развязок, городских и других площадей?

Ответ. Могут устанавливаться на опорах высотой 20 м и более при условии обеспечения безопасности их обслуживания (например, опускание светильников, устройство площадок, использование вышек и т. п.) (6.3.7).

Вопрос. При каком условии допускается размещать светильники в парапетах и ограждениях мостов эстакад из несгораемых материалов?

Ответ. Допускается размещать на высоте 0,9–1,3 м над проезжей частью при условии защиты от прикосновений к токоведущим частям светильников (6.3.7).

Вопрос. На каких допустимых расстояниях должны располагаться опоры установок освещения площадей, улиц, дорог?

Ответ. Должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от лицевой грани бортового камня до внешней поверхности цоколя опоры на магистральных улицах и дорогах с интенсивным транспортным движением и не менее 0,6 м на других улицах, дорогах и площадях. Это расстояние разрешается уменьшать до 0,3 м при условии отсутствия маршрутов городского транспорта и грузовых машин. При отсутствии бортового камня расстояние от кромки проезжей части до внешней поверхности цоколя опоры должно быть не менее 1,75 м.

На территориях промышленных предприятий расстояние от опоры наружного освещения до проезжей части рекомендуется принимать не менее 1 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,6 м (6.3.8).

Вопрос. При каком условии допускается устанавливать опоры за кюветом на улицах и дорогах, имеющих кюветы?

Ответ. Допускается устанавливать, если расстояние от опоры до ближайшей границы проезжей части не превышает 4 м. Опора не должна находиться между пожарным гидрантом и проезжей частью (6.3.9).

Вопрос. Как рекомендуется устанавливать опоры на пересечениях и примыканиях улиц и дорог?

Ответ. Рекомендуется устанавливать на расстоянии не менее 1,5 м от начала закругления тротуаров, не нарушая линии установки опор (6.3.11).

Вопрос. Как следует устанавливать опоры наружного освещения на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах, транспортных эстакадах и т. п.)?

Ответ. Следует устанавливать в створе ограждений и стальных станинах или на фланцах, прикрепляемых к несущим элементам инженерного сооружения (6.3.12).

Вопрос. Как должны устанавливаться светильники на улицах и дорогах с рядовой посадкой деревьев?

Ответ. Должны устанавливаться вне крон деревьев на удлиненных кронштейнах, обращенных в сторону проезжей части улицы, или следует применять тросовую подвеску светильников (6.3.14).

Питание установок наружного освещения

Вопрос. Как может выполняться питание установок наружного освещения?

Ответ. Может выполняться непосредственно от ТП, распределительных пунктов и ВРУ (6.3.15).

Вопрос. Каковы требования к прокладке линий для питания светильников уличного освещения, а также наружного освещения промышленных предприятий?

Ответ. Должны прокладываться, как правило, самостоятельные линии. Питание светильников допускается выполнять от дополнительно прокладываемых для этого фазных и общего нулевого провода воздушной электрической сети города, населенного пункта, промышленного предприятия (6.3.16).

Вопрос. К какой категории по надежности электроснабжения относятся осветительные установки городских транспортных и пешеходных тунелей, осветительные установки улиц, дорог и площадей категории А?

Ответ. Относятся ко второй категории, остальные наружные осветительные установки – к третьей категории (6.3.17)

Вопрос. Как может питаться освещение открытых технологических установок, открытых площадок производства работ, открытых эстакад, складов и других открытых объектов при производственных зданиях?

Ответ. Может питаться от сетей внутреннего освещения зданий, к которым эти объекты относятся (6.3.19).

Вопрос. Как рекомендуется питать охранное освещение?

Ответ. Рекомендуется питать, как правило, по самостоятельным линиям (6.3.20).

Вопрос. Как следует осуществлять питание осветительных приборов подъездов к противопожарным водоисточникам (гидрантам, водоемам и др.)?

Ответ. Следует осуществлять от фаз ночного режима сети наружного освещения (6.3.21).

Вопрос. К какой сети рекомендуется присоединять светильники, установленные у входов в здания?

Ответ. Рекомендуется присоединять к групповой сети внутреннего освещения и, в первую очередь, к сети освещения безопасности или эвакуационного освещения, которые включаются одновременно с рабочим освещением (6.3.22).

Вопрос. Каковы требования к компенсации реактивной мощности светильников с разрядными источниками в установках наружного освещения?

Ответ. Должны иметь индивидуальную компенсацию реактивной мощности. Коэффициент мощности должен быть не ниже 0,85 (6.3.23).

При применении прожекторов с разрядными источниками света допускается групповая компенсация реактивной мощности. При групповой компенсации необходимо обеспечивать отключение компенсирующих устройств одновременно с отключением компенсируемых ими установок (6.3.24).

Выполнение и защита сетей наружного освещения

Вопрос. Каковы рекомендации настоящих Правил по выполнению сетей наружного освещения?

Ответ. Рекомендуется выполнять кабельными или воздушными с использованием СИП. В обоснованных случаях для воздушных распределительных сетей освещения улиц, дорог, площадей, территорий микрорайонов и населенных пунктов допускается использование неизолированных проводов (6.3.25).

Вопрос. Как следует располагать нулевые проводники сети общего пользования, выполненные неизолированными проводами, при использовании их для наружного освещения?

Ответ. Следует располагать ниже фазных проводов сети общего пользования и фазных проводов сети наружного освещения (6.3.28).

Вопрос. Что рекомендуется предусматривать в местах перехода КЛ к воздушным?

Ответ. Рекомендуется предусматривать отключающие устройства, установленные на опорах на высоте не менее 2,5 м. Установка отключающих устройств не требуется в местах кабельных выходов из пунктов питания наружного освещения на опоры, а также переходов дорог и обходов препятствий, выполняемых кабелем (6.3.29).

Вопрос. Должно ли быть учтено резервирование при выполнении ВЛ наружного освещения?

Ответ. Они должны выполняться без учета резервирования, а их провода могут быть разного сечения по длине линии (6.3.31).

Вопрос. Чем должен быть ограничен ввод кабеля в опоры?

Ответ. Должен быть ограничен цоколем опоры. Допускается использовать специальные ящики ввода, устанавливаемые на опорах (6.3.33).

Вопрос. Как должна выполняться электропроводка внутри опор наружного освещения?

Ответ. Должна выполняться изолированными проводами в защитной оболочке или кабелями. Внутри совмещенных опор наружного освещения и контактных сетей электрифицированного городского транспорта должны применяться кабели на напряжение не менее 600 В (6.3.34).

Вопрос. Как должны быть выполнены линии, питающие светильники, подвешенные на тросах?

Ответ. Должны выполняться кабелями, проложенными по тросу, СИП или неизолированными проводами, проложенными на изоляторах (6.3.35).

Вопрос. Как допускается крепить тросы для подвески светильников и питающих линий сети?

Ответ. Допускается крепить к конструкциям зданий. При этом тросы должны иметь амортизаторы (6.3.36).

Вопрос. Каким должно быть сечение нулевых рабочих проводников в сетях наружного освещения, питающих осветительные приборы с разрядными лампами, в однофазных цепях?

Ответ. Должно быть равным фазному (6.3.37).

Вопрос. Как должно выбираться сечение нулевых рабочих проводников в трехфазных сетях при одновременном отключении всех фазных проводов линий?

Ответ. Должно выбираться:

для участков сети, по которым протекает ток от ламп с компенсированными пускорегулирующими аппаратами, равным фазному независимо от сечения;

для участков сети, по которым протекает ток от ламп с некомпенсированными пускорегулирующими аппаратами, равным фазному при сечении фазных проводников менее или равным 16 мм² для медных и 25 мм² для алюминиевых проводов и не менее 50 % сечения фазных проводников при больших сечениях, но не менее 16 мм² для медных и 25 мм² для алюминиевых проводов (6.3.37).

Вопрос. Каким следует принимать коэффициент спроса при расчете сети наружного освещения?

Ответ. Следует принимать равным 1,0 (6.3.39).

Вопрос. Чем должны защищаться ответвления к каждому светильнику на линиях наружного освещения, имеющих более 20 светильников на фазу?

Ответ. Должны защищаться индивидуальными предохранителями или автоматическими выключателями (6.3.40).

Глава 6.4. СВЕТОВАЯ РЕКЛАМА, ЗНАКИ И ИЛЛЮМИНАЦИЯ

Вопрос. Какие трансформаторы должны применяться для питания газосветных трубок?

Ответ. Должны применяться сухие трансформаторы в металлическом кожухе, имеющие вторичное напряжение не выше 15 кВ. Трансформаторы должны длительно выдерживать работу при КЗ в цепи вторичной обмотки. Открытые токоведущие части открыто установленных трансформаторов должны быть удалены от горючих материалов и конструкций не менее чем на 50 мм (6.4.1).

Вопрос. Где должны быть установлены трансформаторы для питания газосветных трубок?

Ответ. Должны быть установлены по возможности в непосредственной близости от питаемых ими трубок в местах, недоступных для посторонних лиц, или в металлических ящиках, сконструированных таким образом, чтобы при открытии ящика трансформатор отключался со стороны первичного напряжения (6.4.2).

Вопрос. Установка каких устройств и аппаратов допускается в общем ящике с трансформатором?

Ответ. Допускается установка блокировочных и компенсирующих устройств, а также аппаратов первичного напряжения при условии надежного автоматического отключения трансформатора от сети при помощи блокировочного устройства, действующего при открывании ящика (6.4.3).

Вопрос. Какой блокировкой должны быть оборудованы магазинные и подобные им витрины, в которых смонтированы части высшего напряжения газосветных установок?

Ответ. Должны быть оборудованы блокировкой, действующей только на отключение установки со стороны первичного напряжения при открывании витрин, то есть подача напряжения на установку должна осуществляться персоналом вручную при закрытой витрине (6.4.4).

Вопрос. Как должны располагаться все части газосветной установки, расположенные вне витрин, снабженных блокировкой?

Ответ. Должны находиться на высоте не менее 3 м над уровнем земли и не менее 0,5 м над поверхностью площадок обслуживания, крыш и других строительных конструкций (6.4.5).

Вопрос. На какие расстояния должны отстоять открытые токоведущие части газосветных трубок от металлических конструкций или частей здания?

Ответ. Должны отстоять на расстояние не менее 20 мм, а изолированные токоведущие части — не менее 10 мм (6.4.7).

Расстояние между открытыми токоведущими частями газосветных трубок, не находящимися под одинаковым потенциалом, должно быть не менее 50 мм (6.4.8).

Вопрос. Что должно быть заземлено в газосветной установке?

Ответ. Должны быть заземлены ОПЧ на стороне высшего напряжения, а также один из выводов или средняя точка вторичной обмотки трансформаторов, питающих газосветные трубки (6.4.9).

Вопрос. Как должна быть выполнена сеть установок рекламного освещения на стороне высшего напряжения?

Ответ. Должна быть выполнена изолированными проводами, имеющими испытательное напряжение не менее 15 кВ. В местах, доступных для механических воздействий или прикосновения, эти провода следует прокладывать в стальных трубах, коробах и других механически прочных несгораемых конструкциях. Для перемычек между отдельными электродами, имеющих длину не более 0,4 м, допускается применение голых проводов при условии соблюдения расстояний, приведенных в п. 6.4.7 Правил (6.4.12).

Вопрос. На какой высоте от пола должны размещаться световые указатели направления движения в пешеходных туннелях длиной более 80 м или имеющих ответвления?

Ответ. Должны размещаться на стенах или колоннах на высоте не менее 1,8 м от пола (6.4.14).

Вопрос. Можно ли присоединять номерные знаки зданий и витрин к сетям освещения улиц, дорог и площадей?

Ответ. Такое присоединение не допускается (6.4.17).

Вопрос. Как следует питать установки световой рекламы, архитектурного освещения зданий?

Ответ. Следует, как правило, питать по самостоятельным линиям — распределительным или от сети зданий. Допускаемая мощность указанных установок — не более 2 кВт на фазу при наличии резерва мощности сети. Для линии должна предусматриваться защита от сверхтоков и токов утечки (УЗО) (6.4.18).

Глава 6.5. УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ

Общие требования

Вопрос. Можно ли управление наружным освещением сделать общим с управлением внутренним освещением?

Ответ. Управление наружным освещением должно выполняться независимым от управления внутренним освещением (6.5.1).

Вопрос. В каких случаях предусматривается централизованное управление наружным освещением?

Ответ. Предусматривается в городах и населенных пунктах, на промышленных предприятиях, а также рекомендуется для общего освещения больших производственных помещений (площадью несколько тысяч квадратных метров) и некоторых помещений общественных зданий (6.5.2).

Вопрос. Каким образом рекомендуется производить централизованное управление освещением?

Ответ. Рекомендуется производить:

наружным освещением промышленных предприятий – из пункта управления электроснабжением предприятия, а при его отсутствии – с места, где находится обслуживающий персонал;

наружным освещением городов и населенных пунктов – из пункта управления наружным освещением;

внутренним освещением – из помещения, в котором находится обслуживающий персонал (6.5.4).

Вопрос. От каких источников рекомендуется предусматривать питание устройств централизованного управления наружным и внутренним освещением?

Ответ. Рекомендуется предусматривать от двух независимых источников. Питание децентрализованных устройств управления допускается выполнять от линий, питающих осветительные установки (6.5.5).

Вопрос. Что должно предусматриваться в системах централизованного управления наружным и внутренним освещением?

Ответ. Должно предусматриваться автоматическое включение освещения в случаях аварийного отключения питания основной цепи или цепи управления и последующего восстановления питания (6.5.6).

Вопрос. Что может быть использовано для управления внутренним и наружным освещением?

Ответ. Могут быть использованы аппараты управления, установленные в РУ ПС, распределительных пунктах, ВРУ, групповых щитках (6.5.8).

Вопрос. Сколько неконтролируемых пунктов питания допускается в каскадных контролируемых схемах централизованного управления наружным освещением?

Ответ. Допускается не более двух (6.5.9).

Управление внутренним освещением

Вопрос. Какое количество аппаратов управления рекомендуется устанавливать на вводе в каждый щиток?

Ответ. При питании от одной линии четырех и более групповых щитков с числом групп 6 и более рекомендуется устанавливать аппарат управления на вводе в каждый щиток (6.5.11).

Вопрос. В каких местах рекомендуется устанавливать выключатели светильников, находящихся в помещениях с неблагоприятными условиями среды?

Ответ. Рекомендуется выносить выключатели в смежные помещения с лучшими условиями среды. Выключатели светильников душевых и раздевалок при них, горячих цехов столовых должны устанавливаться вне этих помещений (6.5.13).

Вопрос. Как следует распределять светильники в помещениях с четырьмя и более светильниками рабочего освещения, не имеющих освещения безопасности и эвакуационного освещения?

Ответ. Рекомендуется распределять не менее чем на две самостоятельно управляемые группы (6.5.15).

Вопрос. С каких мест можно производить управление освещением безопасности и эвакуационным освещением?

Ответ. Можно производить:

непосредственно из помещения;

с групповых щитков;

с распределительных пунктов, ВРУ и РУ ПС;

централизованно из пунктов управления освещением с использованием системы централизованного управления. При этом доступ к аппаратам управления должен быть возможен только обслуживающему персоналу (6.5.16).

Вопрос. Как должны управляться светильники местного освещения?

Ответ. Должны управляться индивидуальными выключателями, являющимися конструктивной частью светильника или располагаемыми в стационарной части электропроводки. При напряжении до 50 В для управления светильниками допускается использовать штепсельные розетки (6.5.18).

Управление наружным освещением

Вопрос. В течение какого времени система управления наружным освещением должна обеспечивать его отключение?

Ответ. Должна обеспечивать в течение не более 3 мин (6.5.19).

Вопрос. Каким рекомендуется выполнять централизованное управление наружным освещением городов и населенных пунктов?

Ответ. Рекомендуется выполнять:

телемеханическим – при количестве жителей более 50 тысяч;

телемеханическим или дистанционным – при количестве жителей от 20 до 50 тысяч;

дистанционным – при количестве жителей до 20 тысяч (6.5.21).

Вопрос. Как рекомендуется осуществлять управление освещением территорий школ-интернатов, гостиниц, больниц, госпиталей, санаториев, пансионатов, домов отдыха, парков, садов, стадионов, выставок и т. п.?

Ответ. Рекомендуется осуществлять от системы управления наружным освещением населенного пункта. При этом должна быть обеспечена возможность местного управления. При питании освещения указанных объектов от сетей внутреннего освещения зданий управление наружным освещением может производиться из этих зданий (6.5.27).

Вопрос. Как рекомендуется производить управление коммутационными аппаратами в сетях наружного освещения городов и населенных пунктов?

Ответ. Рекомендуется производить, как правило, путем каскадного (последовательного) их включения. В воздушно-кабельных сетях в один каскад допускается включение до 10 пунктов питания сети уличного освещения, а в кабельных – до 15 (6.5.29).

Глава 6.6. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Осветительные приборы

Вопрос. Как может производиться установка светильников и прокладка электрических сетей в производственных помещениях, оборудованных мостовыми кранами, участвующими в непрерывном производственном процессе, а также в бескрановых пролетах, в которых доступ к светильникам с помощью напольных и других передвижных средств невозможен или затруднен?

Ответ. Может производиться на специальных стационарных мостиках, выполненных из несгораемых материалов. Ширина мостика должна быть не менее 0,6 м, они должны иметь ограждения высотой не менее 1 м (6.6.1).

Вопрос. На какой высоте должны устанавливаться светильники, обслуживаемые со стремянок или приставных лестниц?

Ответ. Должны устанавливаться на высоте не более 5 м (до низа светильника) над уровнем пола. При этом расположение светильников над крупным оборудованием, приямками и в других местах, где невозможна установка лестниц или стремянок, не допускается (6.6.2).

Вопрос. Что рекомендуется обеспечивать для подвесных светильников общего освещения?

Ответ. Рекомендуется обеспечивать свесы длиной не более 1,5 м. При большей длине свеса должны приниматься меры по ограничению раскачивания светильников под воздействием потоков воздуха (6.6.4).

Вопрос. При каком условии допускается установка осветительных приборов на поворотных устройствах?

Ответ. Допускается для обеспечения возможности обслуживания при условии их жесткого крепления к этим устройствам и подводки питания гибким кабелем с медными жилами (6.6.6).

Вопрос. Какие требования предъявляются к приспособлениям для подвешивания светильников?

Ответ. Они должны выдерживать в течение 10 мин без повреждения и остаточных деформаций приложенную к ним нагрузку, равную пятикратной массе светильника, а для сложных многоламповых люстр с массой 25 кг и более – нагрузку, равную двукратной массе люстры плюс 80 кг (6.6.9).

Вопрос. К чему должны быть присоединены винтовые токоведущие гильзы патронов для ламп с винтовыми цоколями в сетях с заземленной нейтралью у стационарно установленных светильников?

Ответ. Должны быть присоединены к нулевому рабочему проводнику. Если патрон имеет нетоковедущую винтовую гильзу, нулевой рабочий проводник должен присоединяться к контакту патрона, с которым соединяется винтовой цоколь лампы (6.6.10).

Вопрос. Применение каких патронов с лампами накаливания допускается в магазинных витринах?

Ответ. Допускается применение патронов с лампами накаливания мощностью не более 100 Вт при условии их установки на несгораемых основаниях. Допускается установка патронов на сгораемых, например, деревянных основаниях, обшитых листовой сталью по асбесту (6.6.11).

Вопрос. Какие провода или кабели должны применяться для осветительной арматуры, не имеющей клеммных зажимов, когда вводимые в арматуру проводники непосредственно присоединяются к контактным зажимам ламповых патронов?

Ответ. Должны применяться провода или кабели с медными жилами сечением не менее 0,5 мм² внутри зданий и 1 мм² вне зданий. При этом в арматуре для ламп накаливания мощностью 100 Вт и выше, ламп ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ должны применяться провода с изоляцией, допускающей температуру нагрева не менее 100 °С (6.6.15).

Вопрос. Какими проводами должны выполняться ответвления от распределительных сетей к светильникам наружного освещения?

Ответ. Должны выполняться гибкими проводами с медными жилами сечением не менее 1,5 мм² для подвесных светильников и не менее 1 мм² для консольных. Ответвления от ВЛ рекомендуется выполнять с использованием специальных переходных ответвительных зажимов (6.6.16).

Вопрос. Какие шнуры и провода должны применяться для присоединения к сети настольных, переносных и ручных светильников, а также подвешиваемых на проводах светильников местного освещения?

Ответ. Должны применяться шнуры и провода с гибкими медными жилами сечением не менее 0,75 мм² (6.6.17).

Вопрос. Какие провода должны применяться для зарядки стационарных светильников местного освещения?

Ответ. Должны применяться гибкие провода с медными жилами сечением не менее 1 мм² для подвижных конструкций и 0,5 мм² для неподвижных. Изоляция провода должна соответствовать номинальному напряжению сети (6.6.18).

Вопрос. Каким требованиям должна соответствовать зарядка кронштейнов осветительной арматуры местного освещения?

Ответ. Должна соответствовать следующим требованиям:

провода необходимо заводить внутрь кронштейна или защищать иным путем от механических повреждений; при наличии напряжения не выше 50 В это требование не является обязательным;

при наличии шарниров провода внутри шарнирных частей не должны подвергаться натяжению или перетиранию;

отверстия для проводов в кронштейнах должны иметь диаметр не менее 8 мм с допуском местных сужений до 6 мм; в местах вводов проводов должны применяться изолирующие втулки;

в подвижных конструкциях осветительной арматуры должна быть исключена возможность самопроизвольного перемещения или раскачивания арматуры (6.6.19).

Вопрос. Как должно выполняться присоединение прожекторов к сети?

Ответ. Должно выполняться гибким кабелем с медными жилами сечением не менее 1 мм² длиной не менее 1,5 м. Защитное заземление прожектора должно выполняться отдельной жилой (6.6.20).

Электроустановочные устройства

Вопрос. На какие электроустановочные устройства распространяются рассмотренные ниже требования Правил?

Ответ. Распространяются на выключатели, переключатели и штепсельные розетки для номинального тока до 16 А и напряжения до 250 В, а также на штепсельные соединения с защитным контактом для номинального тока до 63 А и напряжения до 380 В (6.6.21).

Вопрос. Какие требования предъявляются к штепсельным розеткам для переносных электроприемников с частями, подлежащими защитному заземлению?

Ответ. Они должны быть снабжены защитным контактом для присоединения *PE*-проводника. При этом конструкция розетки должна исключать возможность использования токоведущих контактов в качестве контактов, предназначенных для защитного заземления (6.6.24).

Вопрос. В какой момент должно устанавливаться соединение между заземляющими контактами вилки и розетки?

Ответ. Должно устанавливаться до того, как войдут в соприкосновение токоведущие контакты; порядок отключения должен быть обратным. Заземляющие контакты штепсельных розеток и вилок должны быть электрически соединены с их корпусами, если корпуса выполнены из токопроводящих материалов (6.6.24).

Вопрос. Как должны быть выполнены вилки штепсельных соединителей?

Ответ. Должны быть выполнены таким образом, чтобы их нельзя было включать в розетки с более высоким номинальным напряжением, чем номинальное напряжение вилки. Конструкция розеток и вилок не должна допускать включения в розетку только одного полюса двухполюсной вилки, а также одного или двух полюсов трехполюсной вилки (6.6.25).

Вопрос. Какие выключатели могут использоваться в трех- или двухпроводных однофазных линиях сетей с заземленной нейтралью?

Ответ. Могут использоваться однополюсные выключатели, которые должны устанавливаться в цепи фазного провода, или двухполюсные; при этом должна исключаться возможность отключения одного нулевого рабочего проводника без отключения фазного (6.6.28).

Вопрос. Какие выключатели должны устанавливаться в трех- или двухпроводных групповых линиях сетей с изолированной нейтралью или без изолированной нейтрали при напряжении выше 50 В, а также в трех- или двухпроводных двухфазных групповых линиях в сети 220/127 В с за-

земленной нейтралью в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных?

Ответ. Должны устанавливаться двухполюсные выключатели (6.6.29).

Вопрос. Где должны устанавливаться штепсельные розетки?

Ответ. Должны устанавливаться:

в производственных помещениях, как правило, на высоте 0,8–1 м; при подводе проводов сверху допускается установка на высоте до 1,5 м;

в административно-конторских, лабораторных, жилых и других помещениях на высоте, удобной для присоединения к ним электрических приборов, в зависимости от назначения помещений и оформления интерьера, но не выше 1 м. Допускается установка штепсельных розеток в (или на) специально приспособленных для этого плинтусах, выполненных из несгораемых материалов;

в школах и детских учреждениях (в помещениях для пребывания детей) на высоте 1,8 м (6.6.30).

Вопрос. Где должны устанавливаться выключатели для светильников общего освещения?

Ответ. Должны устанавливаться на высоте от 0,8 до 1,7 м от пола, а в школах, детских яслях и садах, в помещениях для пребывания детей – на высоте 1,8 м от пола. Допускается установка выключателей под потолком с управлением при помощи шнура (6.6.31).

Раздел 7

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Глава 7.1. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ, АДМИНИСТРАТИВНЫХ И БЫТОВЫХ ЗДАНИЙ

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Вводное устройство (ВУ)	Совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или в его обособленную часть	7.1.3
Вводно-распределительное устройство (ВРУ)	Вводное устройство, включающее в себя также аппараты и приборы отходящих линий	7.1.3
Главный распределительный щит (ГРЩ)	Распределительный щит, через который производится снабжение электроэнергией всего здания или его обособленной части. Роль ГРЩ может выполнять ВРУ или щит низкого напряжения ПС	7.1.4
Распределительный пункт	Устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных электроприемников или их групп (электродвигателей, групповых щитков)	7.1.5
Групповой щиток	Устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников	7.1.6
Квартирный щиток	Групповой щиток, установленный в квартире и предназначенный для присоединения сети, питающей светильники, штепсельные розетки и стационарные электроприемники квартиры	7.1.7
Этажный распределительный щиток	Щиток, установленный на этажах жилых домов и предназначенный для питания квартир или квартирных щитков	7.1.8
Электрощитовое помещение	Помещение, доступное только для обслуживающего квалифицированного персонала, в котором устанавливаются ВУ, ВРУ, ГРЩ и другие РУ	7.1.9

Окончание табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Питающая сеть	Сеть от РУ ПС или ответвления от ВЛ до ВУ, ВРУ, ГРЩ	7.1.10
Распределительная сеть	Сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов и щитков	7.1.11
Групповая сеть	Сеть от щитков и распределительных пунктов до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников	7.1.12

Область применения

Вопрос. На какие электроустановки не распространяются требования настоящего раздела Правил?

Ответ. Не распространяются на специальные электроустановки в лечебно-профилактических учреждениях, учреждениях науки и научного обслуживания, на системы диспетчеризации и связи, а также на электроустановки, которые по своему характеру должны быть отнесены к электроустановкам промышленных предприятий (мастерские, котельные, тепловые пункты, насосные, фабрики-прачечные, фабрики-химчистки и т. п.) (7.1.1).

Общие требования. Электроснабжение

Вопрос. От какой сети должно выполняться питание электроприемников?

Ответ. Должно выполняться от сети 380/220 В с системой заземления *TN–S* или *TN–C–S*. При реконструкции сети жилых и общественных зданий, имеющих напряжение сети 220/127 или 3×220 В, следует предусматривать перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления *TN–S* или *TN–C–S* (7.1.13).

Вопрос. На питание каких электроприемников должны быть рассчитаны электрические сети зданий?

Ответ. Должны быть рассчитаны на питание освещения рекламного, витрин, фасадов, иллюминационного, наружного, противопожарных устройств, систем диспетчеризации, локальных телевизионных сетей, световых указателей пожарных гидрантов и других знаков безопасности, звонковой и другой сигнализации, огней светового ограждения и др. в соответствии с заданием на проектирование (7.1.20).

Вопрос. Что допускается при питании однофазных потребителей зданий от многофазной распределительной сети?

Ответ. Допускается для разных групп однофазных потребителей иметь общие *N* и *PE*-проводники (пятипроводная сеть), проложенные непосредственно от ВРУ. Объединение *N* и *PE*-проводников (четырехпроводная сеть с *PEN*-проводником) не допускается (7.1.21).

Вопрос. Что рекомендуется предусматривать при питании однофазных потребителей от многофазной питающей сети ответвлениями от ВЛ, когда *PEN*-проводник ВЛ является общим для групп однофазных потребителей, питающихся от разных фаз?

Ответ. Рекомендуется предусматривать защитное отключение потребителей при превышении напряжения выше допустимого, возникающего из-за несимметрии нагрузки при обрыве *PEN*-проводника. Отключение должно производиться на вводе в здание, например, воздействием на независимый расцепитель вводного автоматического выключателя посредством реле максимального напряжения; при этом должны отключаться как фазный (*L*), так и нулевой рабочий (*N*) проводники (7.1.21).

Вопрос. Что запрещается использовать в цепях *PE* и *PEN*-проводников?

Ответ. Во всех случаях запрещается использовать коммутирующие контактные и бесконтактные элементы. Допускаются соединения, которые могут быть разобраны при помощи инструмента, а также специально предназначенные для этих целей соединители (7.1.21).

Вводные устройства, распределительные щиты, распределительные пункты, групповые щитки

Вопрос. Что должно быть установлено на вводе в здание?

Ответ. Должно быть установлено ВУ или ВРУ. В здании может устанавливаться одно или несколько ВУ или ВРУ (7.1.22).

Вопрос. Что рекомендуется устанавливать в здании при наличии нескольких обособленных в хозяйственном отношении потребителей?

Ответ. Рекомендуется устанавливать у каждого из них самостоятельное ВУ или ВРУ. От ВРУ допускается также питание потребителей, расположенных в других зданиях, при условии, что эти потребители связаны функционально (7.1.22).

Вопрос. В каких случаях ВУ или ВРУ на вводах в здание могут не устанавливаться?

Ответ. Могут не устанавливаться при ответвлениях от ВЛ с расчетным током до 25 А, если расстояние от ответвления до группового щитка, выполняющего в этом случае функции ВУ, не более трех метров. Данный участок сети должен выполняться гибким медным кабелем с сечением жил не менее 4 мм^2, не распространяющим горение, проложенным в стальной трубе (7.1.22).

Вопрос. Что не допускается устанавливать перед вводами в здание?

Ответ. Не допускается устанавливать дополнительные кабельные ящики для разделения сферы обслуживания наружных питающих сетей и сетей внутри здания. Такое разделение должно быть выполнено во ВРУ или в ГРЩ (7.1.23).

Вопрос. В каких местах должны устанавливаться аппараты управления?

Ответ. Должны устанавливаться на вводе питающих линий в ВУ, ВРУ, ГРЩ. На отходящих линиях аппараты управления могут быть установлены либо на каждой линии, либо быть общими для нескольких линий (7.1.24).

Вопрос. Где должны устанавливаться ВУ, ВРУ, ГРЩ, распределительные пункты и групповые щитки при их размещении вне электрощитовых помещений?

Ответ. Они должны устанавливаться в удобных и доступных для обслуживания местах, в шкафах со степенью защиты оболочки не ниже *IP*31. Расстояние от трубопроводов (водопровод, отопление, канализация, внутренние водостоки), газопроводов и газовых счетчиков до места установки должно быть не менее 1 м (7.1.28).

Вопрос. В какую сторону должны открываться двери электрощитовых помещений?

Ответ. Должны открываться наружу (7.1.29).

Вопрос. Какие требования предъявляются к помещениям, в которых установлены ВРУ, ГРЩ?

Ответ. Они должны иметь естественную вентиляцию, электрическое освещение и температура в них не должна быть ниже +5 °С. Электрические цепи в пределах ВУ, ВРУ, ГРЩ, распределительных пунктов, групповых щитков следует выполнять проводами с медными жилами (7.1.31).

Электропроводки и кабельные линии

Вопрос. С учетом каких факторов должны выполняться внутренние электропроводки?

Ответ. Должны выполняться с учетом следующего:

электроустановки разных организаций, обособленных в административно-хозяйственном отношении, расположенные в одном здании, могут быть присоединены ответвлениями к общей питающей линии или питаться отдельными линиями от ВРУ или ГРЩ;

к одной линии разрешается присоединять несколько стояков. На ответвлениях к каждому стояку, питающему квартиры жилых домов, имеющих более пяти этажей, следует устанавливать аппарат управления, совмещенный с аппаратом защиты;

в жилых зданиях светильники лестничных клеток, вестибюлей, холлов, поэтажных коридоров и других внутридомовых помещений вне квартир должны питаться по самостоятельным линиям от ВРУ или от отдельных групповых щитков, питаемых от ВРУ. Присоединение этих светильников к этажным и квартирным щиткам не допускается;

для лестничных клеток и коридоров, имеющих естественное освещение, рекомендуется предусматривать автоматическое управление электрическим освещением в зависимости от освещенности, создаваемой естественным фоном;

питание электроустановок нежилого фонда рекомендуется выполнять отдельными линиями (7.1.32).

Вопрос. Какие питающие кабели и провода следует применять?

Ответ. В зданиях следует применять кабели и провода с медными жилами. Питающие и распределительные сети, как правило, должны выполняться кабелями и проводами с алюминиевыми жилами, если их расчетное сечение равно 16 мм² и более.

Питание отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию (насосы, вентиляторы, калориферы, установки кондиционирования воздуха и т. п.) может выполняться проводами или кабелем с алюминиевыми жилами сечением не менее 2,5 мм² (7.1.34).

Вопрос. Каким должно быть сечение медных проводников в жилых зданиях?

Ответ. Должно соответствовать расчетным значениям, но быть не менее указанных в табл. 7.1.1 (7.1.34).

Таблица 7.1.1

Наименьшие допустимые сечения кабелей и проводов электрических сетей в жилых зданиях

Наименование линий	Наименьшее сечение кабелей и проводов с медными жилами, мм
Линии групповых сетей	1,5
Линии от этажных до квартирных щитков к расчетному счетчику	2,5
Линии распределительной сети (стояки) для питания квартир	4

Вопрос. Как должны выполняться линии групповой сети во всех зданиях, прокладываемые от групповых, этажных и квартирных щитков до светильников общего освещения, штепсельных розеток и стационарных электроприемников?

Ответ. Должны выполняться трехпроводными (фазный – *L*, нулевой рабочий – *N* и нулевой защитный – *PE*-проводники).

Не допускается объединение нулевых рабочих и нулевых защитных проводников различных групповых линий. Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать на щитках под общий контактный зажим (7.1.36).

Вопрос. Как следует выполнять электропроводку в помещениях?

Ответ. Следует выполнять сменяемой:

скрыто – в каналах строительных конструкций, замоноличенных трубах;

открыто – в электротехнических плинтусах, коробах и т. п.

В технических этажах, подпольях, неотапливаемых подвалах, чердаках, вентиляционных камерах, сырых и особо сырых помещениях электропроводку рекомендуется выполнять открыто (7.1.37).

Вопрос. В каких зданиях допускается несменяемая замоноличенная прокладка групповых сетей?

Ответ. В зданиях со строительными конструкциями, выполненными из негорючих материалов, допускается прокладка групповых сетей в бороздах стен, перегородок, перекрытий, под штукатуркой, в слое подготовки пола или в пустотах строительных конструкций, выполняемая кабелем или изолированными проводами в защитной оболочке (7.1.37).

Вопрос. Как следует рассматривать и выполнять электрические сети, прокладываемые за непроходными подвесными потолками и в перегородках?

Ответ. Их следует рассматривать как скрытые электропроводки и выполнять:

за потолками и в пустотах перегородок из горючих материалов – в металлических трубах, обладающих локализационной способностью, и в закрытых коробах;

за потолками и в перегородках из негорючих материалов – в выполненных из негорючих материалов трубах и коробах, а также кабелями, не распространяющими горение. При этом должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей (7.1.38).

Вопрос. Какая проводка должна применяться в саунах, ванных комнатах, санузлах, душевых?

Ответ. Должна применяться, как правило, скрытая электропроводка. Допускается открытая прокладка кабелей. Не допускается прокладка проводов с металлическими оболочками, в металлических трубах и металлических рукавах (7.1.40).

Вопрос. Какое сечение должны иметь однофазные двух- и трехпроводные линии, а также трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании однофазных нагрузок?

Ответ. Должны иметь сечение нулевых рабочих (*N*) проводников, равное сечению фазных проводников (7.1.45).

Вопрос. Какое сечение должны иметь трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании трехфазных симметричных нагрузок?

Ответ. Должны иметь сечение нулевых рабочих (*N*) проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до 16 мм² по меди и 25 мм² по алюминию, а при больших сечениях – не менее 50 % сечения фазных проводников (7.1.45).

Вопрос. Каким должно быть сечение *PEN*-проводников?

Ответ. Должно быть не менее сечения *N*-проводников и не менее 10 мм² по меди и 16 мм² по алюминию независимо от сечения фазных проводников (7.1.45).

Вопрос. Каким должно быть сечение *PE*-проводников?

Ответ. Должно равняться сечению фазных при сечении фазных проводников до 16 мм², 16 мм² при сечении фазных проводников от 16 до 35 мм² и 50 % сечения фазных проводников при больших сечениях. Сечение *PE*-проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее 2,5 мм² при наличии механической защиты и 4 мм² – при ее отсутствии (7.1.45).

Внутреннее электрооборудование

Вопрос. Какое электрооборудование должно использоваться в ванных комнатах, душевых и санузлах и какие требования должны при этом выполняться?

Ответ. Должно использоваться только то электрооборудование, которое специально предназначено для установки в соответствующих зонах

указанных помещений по ГОСТ Р 50571.11. При этом должны выполняться следующие требования.

Электрооборудование должно иметь степень защиты по воде не ниже чем:

в зоне 0 – IPX7;

в зоне 1 – IPX5;

в зоне 2 – IPX4 (IPX5 – в ваннах общего пользования);

в зоне 3 – IPX1 (IPX5 – в ваннах общего пользования);

в зоне 0 могут использоваться электроприборы напряжением до 12 В, предназначенные для применения в ванне, причем источник питания должен размещаться за пределами этой зоны;

в зоне 1 могут устанавливаться только водонагреватели;

в зоне 2 могут устанавливаться водонагреватели и светильники класса защиты 2;

в зонах 0, 1 и 2 не допускается установка соединительных коробок, РУ и устройств управления (7.1.47).

Вопрос. Допускается ли установка штепсельных розеток в ванных комнатах, душевых, в мыльных помещениях бань, в помещениях, содержащих нагреватели для саун, а также в стиральных помещениях прачечных?

Ответ. Не допускается, за исключением ванных комнат квартир и номеров гостиниц (7.1.48).

Вопрос. Какая установка штепсельных розеток допускается в ванных комнатах квартир и номеров гостиниц?

Ответ. В зоне 3 по ГОСТ Р 50571.1 допускается установка розеток, присоединяемых к сети через разделительные трансформаторы или защищенных УЗО, реагирующим на дифференциальный ток, не превышающий 30 мА. Любые выключатели и штепсельные розетки должны находиться на расстоянии не менее 0,6 м от дверного проема душевой кабины (7.1.48).

Вопрос. Какие штепсельные розетки должны устанавливаться в зданиях при трехпроводной сети?

Ответ. Должны устанавливаться на ток не менее 10 А с защитным контактом (7.1.49).

Вопрос. Каким должно быть минимальное расстояние от выключателей, штепсельных розеток и элементов электроустановок до газопроводов?

Ответ. Должно быть не менее 0,5 м (7.1.50).

Вопрос. В каких местах рекомендуется устанавливать выключатели?

Ответ. Рекомендуется устанавливать на стене со стороны дверной ручки на высоте до 1 м; допускается их устанавливать под потолком с управлением при помощи шнура. В помещениях для пребывания детей в детских учреждениях выключатели следует устанавливать на высоте 1,8 м от пола (7.1.51).

Вопрос. Допускается ли установка РУ и устройств управления в саунах, ванных комнатах, санузлах, мыльных помещениях бань, парилках, стиральных помещениях прачечных и т. п.?

Ответ. Не допускается. В помещениях умывальников и зонах 1 и 2 (ГОСТ Р 50571.1) ванных и душевых помещений допускается установка выключателей, приводимых в действие шнуром (7.1.52).

Вопрос. Как должны питаться противопожарные устройства и охранная сигнализация (независимо от категории по надежности электроснабжения здания)?

Ответ. Должны питаться от двух вводов, а при отсутствии двух вводов – двумя линиями от одного ввода. Переключение с одной линии на другую должно осуществляться автоматически (7.1.57).

Вопрос. Какую степень защиты должны иметь устанавливаемые на чердаке электродвигатели, распределительные пункты, отдельно устанавливаемые коммутационные аппараты и аппараты защиты?

Ответ. Должны иметь степень защиты IP44 (7.1.58).

Учет электроэнергии

Вопрос. Где должны устанавливаться расчетные счетчики электроэнергии в общественных зданиях?

Ответ. Должны устанавливаться на ВРУ (ГРЩ) в точках балансового разграничения с энергоснабжающей организацией. При наличии встроенных или пристроенных ТП, мощность которых полностью используется потребителями данного здания, расчетные счетчики должны устанавливаться на выводах низшего напряжения силовых трансформаторов на совмещенных щитах низкого напряжения, являющихся одновременно ВРУ здания (7.1.61).

Вопрос. Как рекомендуется размещать расчетные квартирные счетчики?

Ответ. Рекомендуется размещать совместно с аппаратами защиты (автоматическими выключателями, предохранителями). При установке квартирных щитков в прихожих квартир счетчики, как правило, должны устанавливаться на этих щитках; допускается установка счетчиков на этажных щитках (7.1.63).

Вопрос. Что необходимо предусмотреть для безопасной замены счетчика, непосредственно включаемого в сеть?

Ответ. Перед каждым счетчиком должен предусматриваться коммутационный аппарат для снятия напряжения со всех фаз, присоединенных к счетчику. Отключающие аппараты для снятия напряжения с расчетных счетчиков, расположенных в квартирах, должны размещаться за пределами квартиры (7.1.64).

Вопрос. В какой точке сети должен быть установлен аппарат защиты счетчика, включенного непосредственно в сеть?

Ответ. Должен быть установлен после счетчика. Если после счетчика отходит несколько линий, снабженных аппаратами защиты, установка общего аппарата защиты не требуется (7.1.65).

Защитные меры безопасности

Вопрос. Какая защитная мера безопасности должна осуществляться во всех помещениях?

Ответ. Должно осуществляться присоединение ОПЧ светильников общего освещения и стационарных электроприемников (электрических плит, кипятильников, бытовых кондиционеров, электрополотенец и т. п.) к нулевому защитному проводнику (7.1.68).

Вопрос. К чему должны присоединяться в помещениях зданий металлические корпуса однофазных переносных электроприборов и настольных средств оргтехники класса I?

Ответ. Должны присоединяться к защитным проводникам трехпроводной групповой линии. К защитным проводникам должны присоединяться металлические каркасы перегородок, дверей и рам, используемых для прокладки кабелей (7.1.69).

Вопрос. При каком условии в помещениях без повышенной опасности допускается применение подвесных светильников, не оснащенных зажимами для подключения защитных проводников?

Ответ. Допускается при условии, что крюк для их подвески изолирован.

Вопрос. Что рекомендуется предусматривать в качестве защитной меры групповых линий, питающих штепсельные розетки для переносных электрических приборов?

Ответ. Рекомендуется предусматривать УЗО (7.1.71).

Вопрос. В каких случаях установка УЗО является обязательной?

Ответ. Является обязательной, если устройство защиты от сверхтока (автоматический выключатель, предохранитель) не обеспечивает время автоматического отключения не более 0,4 с при номинальном напряжении 220 В из-за низких значений токов КЗ и установка (квартира) не охвачена системой уравнивания потенциалов (7.1.72).

Вопрос. Какие требования должны выполняться при установке УЗО?

Ответ. Последовательно должны выполняться требования селективности. При двух- и многоступенчатых схемах УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь уставку и время срабатывания не менее чем в три раза большие, чем у УЗО, расположенного ближе к потребителю (7.1.73).

Вопрос. Каковы требования к нулевому рабочему проводнику в зоне действия УЗО?

Ответ. Он не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником (7.1.74).

Вопрос. Каковы рекомендации и ограничения по использованию УЗО?

Ответ. Рекомендуется использовать УЗО, представляющее собой единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтока. Не допускается использовать УЗО в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего такую защиту (7.1.76).

Вопрос. Какие УЗО не допускается применять в жилых зданиях?

Ответ. Не допускается применять УЗО, автоматически отключающие потребителя от сети при исчезновении или недопустимом падении напряжения сети. При этом УЗО должно сохранять работоспособность на время не менее 5 с при снижении напряжения до 50 % от номинального (7.1.76).

Вопрос. Каковы требования к УЗО в групповых сетях, питающих штепсельные розетки?

Ответ. Следует применять УЗО с номинальным током срабатывания не более 30 мА. Допускается присоединение к одному УЗО нескольких групповых линий через отдельные автоматические выключатели (предохранители). Установка УЗО в линиях, питающих стационарно установленное оборудование и светильники, а также в общих осветительных сетях, как правило, не требуется (7.1.79).

Вопрос. Для каких электроприемников запрещается установка УЗО?

Ответ. Запрещается для электроприемников, отключение которых может привести к ситуациям, опасным для потребителей (к отключению пожарной сигнализации и т. п.) (7.1.81).

Вопрос. В каких случаях обязательной является установка УЗО с номинальным током срабатывания не более 30 мА?

Ответ. Является обязательной для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений и в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью, например, в зоне ванных и душевых помещений квартир и номеров гостиниц (7.1.82).

Вопрос. Каким должен быть предельный суммарный ток утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы?

Ответ. Он не должен превышать 1/3 номинального тока УЗО. При отсутствии данных ток утечки электроприемников следует принимать из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети – из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника (7.1.83).

Вопрос. В каких случаях рекомендуется установка УЗО с током срабатывания до 300 мА на вводе в квартиру, индивидуальный дом и т. п.?

Ответ. Рекомендуется для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части, когда величина тока недостаточна для срабатывания максимальной токовой защиты (7.1.84).

Вопрос. Как должна быть выполнена система уравнивания потенциалов на вводе в здание?

Ответ. Должна быть выполнена путем объединения следующих проводящих частей:

основной (магистральный) защитный проводник;

основной (магистральный) заземляющий проводник или основной заземляющий зажим;

стальные трубы коммуникаций зданий и между зданиями;

металлические части строительных конструкций, молниезащиты, системы центрального отопления, вентиляции и кондиционирования. Такие проводящие части должны быть соединены между собой на вводе в здание (7.1.87).

Вопрос. Что должно быть подключено к дополнительной системе уравнивания потенциалов?

Ответ. Должны быть подключены все доступные прикосновению ОПЧ стационарных электроустановок, сторонние проводящие части и нулевые защитные проводники всего электрооборудования (в том числе штепсельных розеток) (7.1.88).

Вопрос. Должна ли применяться дополнительная система уравнивания потенциалов для ванных и душевых помещений?

Ответ. Для таких помещений она является обязательной и должна предусматривать, в том числе, подключение сторонних проводящих частей, выходящих за пределы помещений (7.1.88).

Вопрос. К чему следует подключать систему уравнивания потенциалов, если отсутствует электрооборудование с подключенными к системе уравнивания потенциалов нулевыми защитными проводниками?

Ответ. Следует подключать к *PE*-шине (зажиму) на вводе (7.1.88).

Вопрос. Допускается ли использовать для саун, ванных и душевых помещений системы местного уравнивания потенциалов?

Ответ. Такие системы использовать не допускается (7.1.88).

Глава 7.2. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ЗРЕЛИЩНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, КЛУБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Сцена	Специально оборудованная часть здания, предназначенная для показа спектаклей различных жанров	7.2.3
Эстрада	Часть зрительного зала, предназначенная для эстрадных и концертных выступлений	7.2.4
Манеж	Часть зрительного зала, предназначенная для цирковых представлений	7.2.5
Сценический подъем	Механизм, предназначенный для подъема и спуска декораций, софитов, занавесов и другого сценического оборудования	7.2.6
Постановочное освещение	Освещение, предназначенное для светового оформления театральных постановок, концертов, эстрадных и цирковых представлений	7.2.7
Технические аппаратные	Помещения, в которых размещаются осветительные и проекционные приборы, устройства управления постановочным освещением, аппаратура связи, электроакустические и кинотехнологические устройства, электроустановки питания и управления электроприводами механизмов сцены (эстрады, манежа)	7.2.8

Область применения

Вопрос. На какие электроустановки распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на электроустановки, расположенные в зданиях зрелищных предприятий со зрительными залами: театров, цирков, кинотеатров, дворцов спорта, спортивных залов и т. п. (7.2.1).

Вопрос. От какой сети должно осуществляться питание электроприемников?

Ответ. Должно осуществляться от сети 380/220 В с системой заземления *TN–S* или *TN–C–S*. При реконструкции зрелищных предприятий, имеющих напряжение сети 220/127 или 3×220 В, следует предусматривать перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления *TN–S* или *TN–C–S* (7.2.9).

Вопрос. К какому классу пожароопасных зон следует отнести все помещения, входящие в состав сцены (эстрады), а также сейфы декораций, склады (декораций, костюмов, реквизитов, бутафории, мебели и материальные), мастерские, кладовые, гардеробные для актеров, костюмерные и т. д.?

Ответ. Следует относить к пожароопасным зонам класса II–IIa, если указанные помещения по условиям эксплуатации и по характеристикам примененного оборудования не отнесены к более высокому классу по взрывопожарной опасности (7.2.11).

Вопрос. Какие существуют категории электроприемников зрелищных предприятий по надежности электроснабжения?

Ответ. Эти категории приведены в табл. 7.2.1 (7.2.12).

Таблица 7.2.1

Категории электроприемников зрелищных предприятий по надежности электроснабжения

Наименование электроприемника	Категория по надежности электроснабжения при суммарной вместимости зрительных залов, чел	
	менее 800	800 и более
Электродвигатели пожарных насосов, автоматическая пожарная сигнализация и пожаротушение, системы противодымной защиты, оповещения о пожаре, противопожарного занавеса, освещения безопасности и эвакуационного	I	I
Электроприемники постановочного освещения	III	II
Электроприемники сценических механизмов	III	II
Электроприемники технических аппаратных и систем звукофикации	III	II
Остальные электроприемники, не указанные в предыдущих пунктах таблицы, а также комплексы электроприемников зданий с залами вместимостью 300 и менее мест	III	III

Вопрос. Каким требованиям должно удовлетворять электроснабжение зрелищного предприятия с суммарным (при нескольких зрительных залах

в одном здании) количеством мест в зрительных залах 800 и более и детских зрелищных предприятий независимо от количества мест?

Ответ. Должно удовлетворять следующим требованиям:

питание электроприемников рекомендуется выполнять от двух трансформаторов собственной (абонентской) ТП. При нецелесообразности сооружения собственной ТП питание электроприемников следует осуществлять от двух трансформаторов ТП общего пользования;

трансформаторы должны получать питание, как правило, от двух независимых источников 6—10 кВ;

при отключении одного трансформатора оставшийся в работе трансформатор должен обеспечить питание всех электроприемников зрелищного предприятия;

ГРЩ должен иметь две секции шин 380/220 В с устройствами АВР на шинах. Питание секций ГРЩ от трансформаторов следует выполнять взаимно резервируемыми линиями. При совмещении ГРЩ со щитом ТП или КТП АВР устанавливается на шите ТП или КТП (7.2.14).

Вопрос. Каким требованиям должно удовлетворять электроснабжение зрелищного предприятия с суммарным количеством мест в зрительных залах менее 800?

Ответ. Должно удовлетворять следующим требованиям:

питание электроприемников следует выполнять, как правило, от двух трансформаторов ТП общего пользования. Допускается осуществлять питание ГРЩ (ВРУ) зрелищного предприятия от одного трансформатора при условии прокладки от ТП до ГРЩ (ВРУ) двух взаимно резервируемых линий;

при отключении одного трансформатора оставшийся в работе трансформатор должен обеспечить питание основных электроприемников зрелищного предприятия;

ГРЩ (ВРУ) должен иметь две секции шин 380/220 В. Питание секций следует предусматривать отдельными взаимно резервируемыми линиями от ТП. Переключение питания на секциях ГРЩ (ВРУ) должно предусматриваться, как правило, вручную;

для электроприемников I категории по надежности электроснабжения должен быть предусмотрен второй независимый источник питания (7.2.15).

Вопрос. Как может осуществляться электроснабжение зрелищного предприятия с суммарным количеством мест в зрительных залах до 300?

Ответ. Может осуществляться от одного трансформатора ТП общего пользования (7.2.16).

Вопрос. Какие КТП могут располагаться внутри здания в отдельном помещении?

Ответ. Могут располагаться КТП с трансформаторами, не имеющими масляного заполнения. При этом должна быть обеспечена возможность транспортировки оборудования КТП для замены и ремонта (7.2.19).

Вопрос. Что может размещаться в помещениях ТП и КТП?

Ответ. Могут размещаться РУ и вращающиеся преобразователи до 1 кВ для питания электроприводов механизмов сцены, шкафы с аккумуляторными батареями и тиристорные регуляторы постановочного освещения

при условии обслуживания всего электрооборудования, расположенного в помещении, персоналом объекта (7.2.20).

Вопрос. Какой источник рекомендуется для питания в аварийных режимах освещения безопасности, эвакуационного освещения и пожарной сигнализации в зрелищных предприятиях?

Ответ. Рекомендуется установка аккумуляторных батарей, а в обязательном порядке ее необходимо предусматривать:

в детских зрелищных предприятиях независимо от количества мест и числа источников питания;

в зрелищных предприятиях (кроме кинотеатров) с суммарным количеством мест в зрительных залах 800 и более независимо от числа источников питания;

при наличии одного источника питания:

в клубных учреждениях при суммарном количестве мест в зрительных залах более 500;

в остальных зрелищных предприятиях при суммарном количестве мест в зрительных залах более 300 (7.2.24).

Вопрос. В каких местах разрешается устанавливать шкафы с переносными аккумуляторными батареями?

Ответ. Разрешается устанавливать внутри любых помещений, за исключением помещений для зрителей и артистов. Переносные аккумуляторные батареи напряжением до 48 В емкостью до 150 А·ч для питания аварийного освещения и пожарной сигнализации, устанавливаемые в металлических шкафах с естественной вытяжной вентиляцией наружу здания, могут заряжаться на месте их установки (7.2.25).

Электрическое освещение

Вопрос. Какие требования предъявляются к осветительным приборам постановочного освещения?

Ответ. Они должны иметь предохранительные сетки, исключающие выпадение светофильтров, линз, ламп, других внутренних частей световых приборов и осколков стекла или кварца в случае разрыва лампы (7.2.27).

Вопрос. В каких помещениях должно быть предусмотрено дежурное освещение?

Ответ. Должно быть предусмотрено в помещениях для зрителей, обеспечивающее пониженную освещенность не менее 15 % нормируемой в этих помещениях. Допускается использовать в качестве дежурного освещения аварийное или эвакуационное освещение (7.2.30).

Вопрос. Из каких мест должно быть предусмотрено управление рабочим и дежурным освещением?

Ответ. Должно быть предусмотрено:

для зрительного зала — из аппаратной управления постановочным освещением, из кинопроекционной, с поста главного билетера или от входа в зрительный зал;

для сцены, эстрады — из аппаратной управления постановочным освещением, с пульта на сцене (эстраде);

для вестибюлей, фойе, кулуаров, гардеробов, буфетов, санузлов, курительных и других помещений для зрителей – централизованное управление рабочим освещением с поста главного билетера или от входа в зрительный зал, а дежурным освещением, кроме того, – из помещения пожарного поста (при его наличии) или ГРЩ (7.2.32).

Вопрос. В каких помещениях должно выполняться освещение безопасности?

Ответ. Должно выполняться в помещениях сцены (эстрады), касс, администратора, гардероба, постов охраны, пожарного поста, технических аппаратных, здравпунктов, ТП, КТП, ГРЩ, телефонной станции и в помещениях для животных в цирках (7.2.33).

Вопрос. В каких помещениях должно быть предусмотрено эвакуационное освещение?

Ответ. Должно быть предусмотрено во всех помещениях, где возможно пребывание более 50 человек, а также на всех лестницах, проходах и других путях эвакуации (7.2.33).

Вопрос. К какому источнику должны присоединяться световые указатели?

Ответ. Должны присоединяться к источнику питания освещения безопасности или эвакуационного освещения или автоматически на него переключаться при исчезновении напряжения на питающих их основных источниках. Световые указатели должны быть включены в течение всего времени пребывания людей в здании (7.2.34).

Вопрос. Из какого помещения должно предусматриваться управление освещением безопасности и эвакуационным?

Ответ. Должно предусматриваться из помещения пожарного поста, из щитовой аварийного освещения или с ГРЩ (ВРУ) (7.2.35).

Вопрос. Какие лампы должны применяться для освещения безопасности и эвакуационного, включаемого или переключаемого на питание от аккумуляторной установки?

Ответ. Должны применяться лампы накаливания. Люминесцентные лампы могут применяться при питании светильников от аккумуляторной установки через преобразователи постоянного тока в переменный (7.2.36).

Силовое электрооборудование

Вопрос. Какие требования должны выполняться при включении электродвигателей пожарных насосов и систем противодымной защиты и установок противопожарной автоматики?

Ответ. Их включение должно сопровождаться автоматическим отключением электроприемников систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Допускается автоматическое отключение и другого силового электрооборудования, за исключением электродвигателей противопожарного занавеса, циркуляционных насосов и лифтов (7.2.40).

Вопрос. Как следует выполнять пуск электродвигателей пожарных насосов?

Ответ. Следует выполнять:

дистанционно от кнопок у пожарных кранов – при отсутствии спринклерных и дренчерных устройств;

автоматически – при наличии спринклерных и дренчерных устройств, с дистанционным дублированием (для пуска и остановки) из помещений пожарного поста и насосной (7.2.41).

Вопрос. Что должно быть предусмотрено для аварийной остановки всех механизмов, обслуживающих сцену (эстраду, манеж)?

Ответ. Должны быть предусмотрены отключающие аппараты, располагаемые не менее чем в двух местах, откуда хорошо просматривается работа этих механизмов (7.2.44).

Вопрос. Чем должны быть снабжены двери в ограждениях вращающейся части сцены (эстрады), подъемно-спускных площадок сцены и оркестра, софитов, технологических подъемников?

Ответ. Должны быть снабжены блокировочными устройствами, отключающими электродвигатели при открывании дверей и исключающими пуск механизмов после закрывания дверей без дополнительных действий (поворот ключа, нажатие кнопки и т. п.) (7.2.45).

Прокладка кабелей и проводов

Вопрос. Какие требования предъявляются к кабелям и проводам?

Ответ. Должны быть с медными жилами; электропроводки не должны распространять горение:

в зрительных залах, в том числе в пространстве над залами и за подвесными потолками;

на сцене, в чердачных помещениях со сгораемыми конструкциями.

Требование относится к цепям управления противопожарными устройствами, а также линиям пожарной и охранной сигнализации, звукофикаций, линиям постановочного освещения и электроприводов сценических механизмов.

В остальных помещениях для питающих и распределительных сетей допускается применение кабелей и проводов с алюминиевыми жилами сечением не менее 16 мм^2 (7.2.51).

Вопрос. Какая проводка рекомендуется в зрительных залах, фойе, буфетах и других помещениях для зрителей?

Ответ. Электропроводку рекомендуется выполнять скрытой сменяемой (7.2.52).

Вопрос. Какое число проводов допускается прокладывать в одной стальной трубе для линий постановочного освещения?

Ответ. Допускается прокладка до 24 проводов при условии, что температура не будет превышать нормированную для изоляции проводов (7.2.54).

Вопрос. Как следует выполнять линии, питающие осветительные приборы постановочного освещения, размещаемые на передвижных конструкциях?

Ответ. Следует выполнять гибким медным кабелем (7.2.55).

Защитные меры безопасности

Вопрос. Как должны быть подключены к защитному заземлению подвижные металлические конструкции сцены (эстрады, манежа), предназначенные для установки осветительных и силовых электроприемников (софитные фермы, портальные кулисы и т. п.)?

Ответ. Должны быть подключены посредством жилы кабеля или отдельного гибкого медного провода, которые не должны одновременно служить проводниками рабочего тока (7.2.59).

Вопрос. Какие требования электробезопасности предъявляются к кинотехнологическим устройствам, а также к распределительным системам и сетям электроакустики, телевидения, связи и сигнализации?

Ответ. Их металлические корпуса и конструкции должны присоединяться к защитному заземлению (7.2.60).

Вопрос. К чему должны подключаться электротехнические и звуковоспроизводящие кинотехнологические установки, а также оборудование связи и телевидения, требующие пониженного уровня шумов?

Ответ. Должны подключаться, как правило, к самостоятельному заземляющему устройству, заземлители которого должны находиться на расстоянии не менее 20 м от других заземлителей, а заземляющие проводники должны быть изолированы от проводников защитного заземления электроустановки. Сопротивление самостоятельного заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом (7.2.60).

Глава 7.3. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Взрыв	Быстрое преобразование веществ (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу	7.3.2
Вспышка	Быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов	7.3.3
Тление	Горение без свечения, обычно опознаваемое по появлению дыма	7.3.4
Электрическое искрение	Искровые, дуговые и тлеющие электрические разряды	7.3.5
Искробезопасная электрическая цепь	Электрическая цепь, выполненная так, что электрический разряд или ее нагрев не может воспламенить взрывоопасную среду при предписанных условиях испытания	7.3.6
Температура вспышки	Самая низкая (в условиях специальных испытаний) температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения	7.3.7
Температура воспламенения	Температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после их воспламенения от источника зажигания возникает устойчивое горение	7.3.8
Температура самовоспламенения	Самая нижняя температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения	7.3.9
Температура тления	Самая низкая температура вещества (материалов, смеси), при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением тления	7.3.10

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ)	Жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки не выше 61 °С	7.3.11
Горючая жидкость	Жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки выше 61 °С	7.3.12
Легкий газ	Газ, который при температуре окружающей среды 20 °С и давлении 100 кПа имеет плотность 0,8 или менее по отношению к плотности воздуха	7.3.13
Тяжелый газ	Газ, который при тех же условиях, что и в п. 7.3.13, имеет плотность более 0,8 по отношению к плотности воздуха	7.3.14
Сжиженный газ	Газ, который при температуре окружающей среды ниже 20 °С или давлении выше 100 кПа, или при совместном действии обоих этих условий обращается в жидкость	7.3.15
Взрывоопасная смесь	Смесь с воздухом горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пыли или волокон с нижним концентрационным пределом воспламенения не более 65 г/м³ при переходе их во взвешенное состояние, которая при определенной концентрации способна взорваться при возникновении источника инициирования взрыва	7.3.18
Верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения	Соответственно, максимальная и минимальная концентрации горючих газов, паров ЛВЖ, пыли или волокон в воздухе, выше и ниже которых взрыва не произойдет даже при возникновении источника инициирования взрыва	7.3.19
Помещение	Пространство, огражденное со всех сторон стенами (в том числе с окнами и дверями), с покрытием (перекрытием) и полом. Пространство под навесом и пространство, ограниченное сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями, не являются помещениями	7.3.20
Наружная установка	Установка, расположенная вне помещения (снаружи) открыто или под навесом либо за сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями	7.3.21
Взрывоопасная зона	Помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси	7.3.22

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Взрывозащищенное электрооборудование	Электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования	7.3.23
Электрооборудование общего назначения	Электрооборудование, выполненное без учета требований, специфических для определенного назначения, определенных условий эксплуатации	7.3.24
Безопасный экспериментальный максимальный зазор	Максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не проходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе	7.3.25

Область применения

Вопрос. На какие электроустановки распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на электроустановки, размещаемые во взрывоопасных зонах внутри и вне помещений. Эти электроустановки должны удовлетворять также требования других разделов Правил в той мере, в какой они не изменены настоящей главой (7.3.1).

Вопрос. На какие установки не распространяются указания настоящей главы Правил?

Ответ. Не распространяются на подземные установки в шахтах и на предприятия, взрывоопасность установок которых является следствием применения, производства или хранения взрывчатых веществ, а также на электрооборудование, расположенное внутри технологических аппаратов (7.3.1).

Классификация взрывоопасных смесей по ГОСТ 12.1.011–78

Вопрос. На какие категории подразделяются взрывоопасные смеси газов и паров?

Ответ. Подразделяются на категории согласно табл. 7.3.1 (7.3.26).

Таблица 7.3.1

Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом

Категории смеси	Наименование смеси	Безопасный экспериментальный максимальный зазор, мм
I	Рудничный метан	Более 1,0

Окончание табл. 7.3.1

Категории смеси	Наименование смеси	Безопасный экспериментальный максимальный зазор, мм
II	Промышленные газы и пары	–
IIA	То же	Более 0,9
IIB	То же	Более 0,5 до 0,9
IIC	То же	До 0,5

Примечание. Указанные в таблице значения безопасного экспериментального максимального зазора не могут служить для контроля ширины зазора оболочки в эксплуатации.

Вопрос. На какие группы подразделяются взрывоопасные смеси газов и паров в зависимости от температуры самовоспламенения?

Ответ. Подразделяются на шесть групп согласно табл. 7.3.2 (7.3.27).

Таблица 7.3.2

Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по температуре самовоспламенения

Группа	Температура самовоспламенения смеси, °С
T1	выше 450
T2	выше 300 до 450
T3	выше 200 до 300
T4	выше 135 до 200
T5	выше 100 до 135
T6	выше 85 до 100

Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ГОСТ 12.2.020–76

Вопрос. Какие установлены уровни взрывозащиты электрооборудования?

Ответ. Установлены следующие уровни:

электрооборудование повышенной надежности против взрыва – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы. Знак уровня – 2;

взрывобезопасное электрооборудование – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Знак уровня – 1;

особовзрывобезопасное электрооборудование – взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные меры, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Знак уровня – 0 (7.3.32).

Вопрос. Какие виды защиты может иметь взрывозащищенное электрооборудование?

Ответ. Может иметь следующие виды взрывозащиты:

взрывонепроницаемая оболочка (*d*);

заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом (*p*);

искробезопасная электрическая цепь (*i*);

кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями (*g*);

масляное заполнение оболочки с токоведущими частями (*o*);

специальный вид взрывозащиты (*s*);

защита вида *e* (7.3.33).

Вопрос. Что входит в маркировку по взрывозащите электрооборудования?

Ответ. Входят в указанной ниже последовательности:

знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0);

знак *Ex*, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;

знак вида взрывозащиты (*d*, *i*, *g*, *o*, *s*, *e*);

знак группы или подгруппы электрооборудования (II, IIA, IIB, IIC);

знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

В маркировке по взрывозащите могут иметь место дополнительные знаки и надписи в соответствии со стандартами на электрооборудование с отдельными видами взрывозащиты (7.3.37).

Классификация взрывоопасных зон

Вопрос. Что учитывается при определении взрывоопасных зон?

Ответ. Учитывается следующее:

взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения;

взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения;

взрывоопасная зона наружных взрывоопасных установок (7.3.39).

Вопрос. Какие зоны относятся к классу В-I?

Ответ. Относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т. п. (7.3.40).

Вопрос. Какие зоны относятся к зонам класса В-Iа?

Ответ. Относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей (7.3.41).

Вопрос. Какие зоны относятся к классу В-Iб?

Ответ. Относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей:

горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях по ГОСТ 12.1.005–88 (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок);

помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения.

К классу В-Iб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени (7.3.42).

Вопрос. Какие зоны относятся к классу В-Iг?

Ответ. Относятся пространства у наружных технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок), наземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п. (7.3.43).

Вопрос. Какие зоны относятся к классу В-II?

Ответ. Относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов) (7.3.45).

Вопрос. Какие зоны относятся к классу В-IIа?

Ответ. Относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные в п. 7.3.45 Правил, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей (7.3.46).

Вопрос. К какому классу допускается относить взрывоопасные зоны, содержащие легкие несжиженные горючие газы или ЛВЖ, при наличии признаков класса В-I?

Ответ. Допускается относить к классу В-Iа при условии выполнения следующих мероприятий:

устройства системы вентиляции с установкой нескольких вентиляционных агрегатов. При аварийной остановке одного из них остальные агрегаты должны полностью обеспечить требуемую производительность системы вентиляции, а также достаточную равномерность действия вентиляции по всему объему помещения, включая подвалы, каналы и их повороты;

устройства автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом пункте помещения концентрации горючих газов или паров ЛВЖ, не превышающей 20 % нижнего концентрационного предела воспламенения, а для вредных взрывоопасных газов – также при приближении их концентрации к предельно допустимой по ГОСТ 12.1.005–88. Количество сигнальных приборов, их расположение, а также система их резервирования должны обеспечить безотказное действие сигнализации (7.3.52).

Выбор электрооборудования для взрывоопасных зон. Общие требования

Вопрос. Куда рекомендуется выносить электрооборудование, особенно с частями, искрящими при нормальной работе?

Ответ. Рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон, если это не вызывает особых затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами. В случае установки электрооборудования в пределах взрывоопасной зоны оно должно удовлетворять требованиям настоящей главы Правил (7.3.54).

Вопрос. Какие требования предъявляются в отношении взрывобезопасности при установке взрывозащищеного электрооборудования с видом взрывозащиты «заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением»?

Ответ. Должна быть выполнена система вентиляции и контроля избыточного давления, температуры и других параметров. Кроме того, должны быть выполнены следующие требования:

конструкция фундаментных ям и газопроводов защитного газа должна исключать образование в них непродуваемых зон (мешков) с горючими газами или парами ЛВЖ;

приточные газопроводы к вентиляторам, обеспечивающим электрооборудование защитным газом, должны прокладываться вне взрывоопасных зон;

газопроводы для защитного газа могут прокладываться под полом помещений, в том числе и со взрывоопасными зонами, если приняты меры, исключающие попадание в эти газопроводы горючих жидкостей;

в вентиляционных системах для осуществления блокировок, контроля и сигнализации должны использоваться аппараты, приборы и другие устройства, указанные в инструкциях по монтажу и эксплуатации машины, аппарата. Замена их другими изделиями, изменение мест их установки и подключение без согласования с заводом – изготовителем машины, аппарата не допускаются (7.3.61).

Вопрос. Какое электрооборудование рекомендуется применять во взрывоопасных зонах классов В-II и В-IIа?

Ответ. Рекомендуется применять электрооборудование, предназначенное для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом.

При отсутствии такого электрооборудования допускается во взрывоопасных зонах класса В-II применять взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом, а в зонах класса В-IIа – электрооборудование общего назначения (без взрывозащиты), но имеющее соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли (7.3.63).

Электрические машины

Вопрос. Какие электрические машины могут применяться во взрывоопасных зонах любого класса?

Ответ. Могут применяться электрические машины с классом напряжения до 10 кВ при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки соответствуют ГОСТ 17494–87 или являются более высокими.

Вопрос. При каких условиях для механизмов, установленных во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа и В-II, применение электродвигателей допускается без средств взрывозащиты?

Ответ. Допускается при следующих условиях:

электродвигатели должны устанавливаться вне взрывоопасных зон. Помещение, в котором устанавливаются электродвигатели, должно отделяться от взрывоопасной зоны несгораемой стеной без проемов и несгораемым перекрытием (покрытием) с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, иметь эвакуационный выход и быть обеспеченным вентиляцией с пятикратным обменом воздуха в час;

привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения (7.3.67).

Электрические аппараты и приводы

Вопрос. При каких условиях во взрывоопасных зонах могут применяться электрические аппараты и приборы?

Ответ. Могут применяться при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки по ГОСТ 14255–69 соответствуют допустимому или являются более высокими (7.3.68).

Во взрывоопасных зонах любого класса электрические соединители могут применяться при тех же условиях, что и в п. 7.3.68 Правил (7.3.69).

Вопрос. Чем необходимо руководствоваться при применении аппаратов и приборов с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь»?

Ответ. Необходимо руководствоваться следующим:

индуктивность и емкость искробезопасных цепей, в том числе и присоединительных кабелей не должны превосходить максимальных значений, оговоренных в технической документации на эти цепи;

в искробезопасные цепи могут включаться изделия, которые предусмотрены технической документацией на систему и имеют маркировку «В комплекте ...»;

цепь, состоящая из серийно выпускаемых общего назначения термопары и гальванометра (милливольтметра), является искробезопасной для любой взрывоопасной среды при условии, что гальванометр не содержит других электрических цепей, в том числе подсвета шкалы;

в искробезопасные цепи могут включаться серийно выпускаемые общего назначения переключатели, ключи, сборки зажимов и т. п. при условии, что выполняются следующие требования: к ним не подключены другие, искроопасные цепи; они закрыты крышкой и опломбированы; их изоляция рассчитана на трехкратное номинальное напряжение искробезопасной цепи, но не менее чем на 500 В (7.3.71).

Электрические грузоподъемные машины

Вопрос. Какой уровень взрывозащиты должно иметь электрооборудование кранов, талей, лифтов и т. п., находящихся во взрывоопасных зонах и не связанных непосредственно с технологическим процессом (например, монтажные краны и тали)?

Ответ. Должно иметь:

во взрывоопасных зонах классов В-I и В-II – любой уровень взрывозащиты для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей;

во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-II – любой уровень взрывозащиты для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей;

во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-Iб – степень защиты оболочки не менее IP33;

во взрывоопасных зонах классов В-IIа и В-Iг – степень защиты оболочки не менее IP44.

Применение указанного электрооборудования допускается только при отсутствии взрывоопасных концентраций во время работы крана (7.3.74).

Вопрос. Каким кабелем должны выполняться токопроводы к кранам, талям и т. п. во взрывоопасных зонах любого класса?

Ответ. Должны выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензиностойкой оболочке, не распространяющей горение (7.3.75).

Электрические светильники

Вопрос. Какими светильниками допускается выполнять освещение в помещениях с взрывоопасными зонами любого класса со средой, для которой не имеется светильников необходимого уровня взрывозащиты?

Ответ. Допускается выполнять светильниками общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

через неоткрывающиеся окна без фрамуг и форточек, снаружи здания, причем при одинарном остеклении окон светильники должны иметь защитные стекла или стеклянные кожухи;

через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и вентиляцией ниш с естественным побуждением наружным воздухом;

через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и вентиляцией фонарей с естественным побуждением наружным воздухом;

в коробах, продуваемых под избыточным давлением чистым воздухом;

с помощью осветительных устройств с щелевыми световодами (7.3.77).

Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции

Вопрос. Разрешается ли сооружать непосредственно во взрывоопасных зонах РУ напряжением до 1 кВ и выше, ТП и преобразовательные ПС с электрооборудованием общего назначения (без средств взрывозащиты)?

Ответ. Сооружать их непосредственно во взрывоопасных зонах любого класса запрещается. Они должны располагаться в отдельных помещениях, удовлетворяющих требования настоящей главы Правил в части взрывобезопасности, или снаружи, вне взрывоопасных зон (7.3.78).

Вопрос. Допускается ли выполнять РУ, ТП (в том числе КТП) и преобразовательные ПС примыкающими к взрывоопасным зонам?

Ответ. Допускается выполнять их примыкающими двумя или тремя стенами к взрывоопасным зонам с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-Iа и В-Iб (7.3.80).

Вопрос. Каким требованиям должны удовлетворять РУ, ТП (в том числе КТП) и преобразовательные ПС, примыкающие одной и более стенами к взрывоопасной зоне?

Ответ. Должны удовлетворять следующим требованиям:

РУ, ТП и преобразовательные ПС должны иметь собственную, независимую от помещений с взрывоопасными зонами приточно-вытяжную вентиляционную систему;

в РУ, ТП и преобразовательных ПС, примыкающих одной стеной к взрывоопасной зоне класса В-I, а также к взрывоопасным зонам с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Iа и В-Iб, должна быть предусмотрена приточная вентиляция с механическим побуждением с пятикратным обменом воздуха в час, обеспечивающая в РУ, ТП и преобразовательных ПС небольшое избыточное давление, исключающее доступ в них взрывоопасных смесей;

стены РУ, ТП и преобразовательных ПС, к которым примыкают взрывоопасные зоны, должны быть выполнены из несгораемого материала и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч, быть пылегазонепроницаемыми, не иметь дверей и окон;

в стенах РУ, ТП и преобразовательных ПС, к которым примыкают взрывоопасные зоны с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-Iа и В-Iб, а также взрывоопасные зоны классов В-II и В-IIа, допускается устраивать отверстия для ввода кабелей и труб электропроводки в РУ, ТП и преобразовательные ПС.

Выходы из РУ, ТП и преобразовательных ПС должны выполняться в соответствии со СНиП 21-01–97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

Расстояния по горизонтали и вертикали от наружных дверей и окон РУ, ТП и преобразовательных ПС до находящихся во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа и В-II наружных дверей и окон помещений должны быть не менее 4 м до неоткрывающихся окон и не менее 6 м до дверей и открывающихся окон. Расстояние до окон, заполненных стеклоблоками толщиной 10 см и более, не нормируется (7.3.85).

Вопрос. Какие трансформаторы следует применять в ТП и преобразовательных ПС, примыкающих одной и более стенами к взрывоопасной зоне?

Ответ. Как правило, следует применять трансформаторы с охлаждением негорючей жидкостью. Трансформаторы с масляным охлаждением должны размещаться в отдельных камерах. Двери камер должны быть с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч, двери камер, оборудованных вентиляцией с механическим побуждением, должны иметь уплотнение притворов; выкатка трансформаторов должна быть предусмотрена только наружу (7.3.86).

Электропроводки, токопроводы и кабельные линии

Вопрос. Возможно ли во взрывоопасных зонах применение неизолированных проводников, в том числе токопроводов к кранам, талям и т. п.?

Ответ. Их применение во взрывоопасных зонах любого класса запрещается (7.3.92).

Вопрос. Какие провода и кабели должны применяться во взрывоопасных зонах?

Ответ. Во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Iа должны применяться провода и кабели с медными жилами. Во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIа допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами (7.3.93).

Вопрос. Какие провода и кабели могут применяться во взрывоопасных зонах любого класса?

Ответ. Могут применяться:

провода с резиновой, поливинилхлоридной и бумажной изоляцией;

кабели с резиновой, поливинилхлоридной и бумажной изоляцией в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках.

Применение кабелей с алюминиевой оболочкой во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Iа запрещается.

Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой запрещается во взрывоопасных зонах всех классов (7.3.102).

Вопрос. Какие требования предъявляются к соединительным, ответвительным и проходным коробкам для электропроводок во взрывоопасных зонах?

Ответ. Они должны:

во взрывоопасной зоне класса В-I — иметь уровень «взрывобезопасное электрооборудование» и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси;

во взрывоопасной зоне класса В-II – быть предназначенными для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом;

во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-Iг – быть взрывозащитными для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей;

во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIа – иметь оболочку со степенью защиты IP54 (7.3.103).

Вопрос. В каких местах устанавливаются разделительные коробки?

Ответ. Устанавливаются:

в непосредственной близости от места входа трубы во взрывоопасную зону;

при переходе трубы из взрывоопасной зоны одного класса во взрывоопасную зону другого класса – в помещении взрывоопасной зоны более высокого класса;

при переходе трубы из одной взрывоопасной зоны в другую такого же класса – в помещении взрывоопасной зоны с более высокими категорией и группой взрывоопасной смеси (7.3.105).

Вопрос. При помощи каких устройств должны выполняться вводы кабелей в электрические машины и аппараты?

Ответ. Должны выполняться при помощи ВУ. Места вводов должны быть уплотнены. Ввод трубных электропроводок в машины и аппараты, имеющие вводы только для кабелей, запрещается (7.3.112).

Вопрос. Каким требованиям должны удовлетворять электропроводки, присоединяемые к электрооборудованию с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь»?

Ответ. Должны удовлетворять следующим условиям:

искробезопасные цепи должны отделяться от других цепей с соблюдением требований ГОСТ 22782–78;

использование одного кабеля для искробезопасных и искроопасных цепей не допускается;

провода искробезопасных цепей высокой частоты не должны иметь петель;

изоляция проводов искробезопасных цепей должна иметь отличительный синий цвет. Допускается маркировать синим цветом только концы проводов;

провода искробезопасных цепей должны быть защищены от наводок, нарушающих их искробезопасность (7.3.117).

Вопрос. При каких условиях допускается применение шинопроводов во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-Iб?

Ответ. Допускается при выполнении следующих условий:

шины должны быть изолированы;

во взрывоопасных зонах класса В-Iа шины должны быть медными;

неразъемные соединения шин должны быть выполнены сваркой или опрессовкой;

болтовые соединения (например, в местах присоединения шин к аппаратам и между секциями) должны иметь приспособления, не допускающие самоотвинчивания;

шинопроводы должны быть защищены металлическими кожухами, обеспечивающими степень защиты не менее IP31. Кожухи должны открываться только при помощи специальных (торцевых) ключей (7.3.119).

Вопрос. Каким требованиям должны удовлетворять кабельные эстакады и их пересечения с эстакадами трубопроводов с горючими газами и ЛВЖ?

Ответ. Должны удовлетворять следующим требованиям:

все конструктивные элементы кабельных эстакад (стойки, настил, ограждения, крыша и др.) должны сооружаться из несгораемых материалов;

на участке пересечения плюс до 1,5 м в обе стороны от внешних габаритов эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ кабельная эстакада должна быть выполнена в виде закрытой галереи;

на участке пересечения эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ не должны иметь ремонтных площадок и на трубопроводах не должно быть фланцевых соединений, компенсаторов, запорной арматуры и т. п.;

в местах пересечения на кабелях не должны устанавливаться кабельные муфты.

Расстояние в свету между трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и кабельной эстакадой или трубным блоком с кабелями либо электротехническими коммуникациями должно быть не менее 0,5 м (7.3.123).

Вопрос. Каковы требования к сооружению кабельных туннелей на предприятиях с наличием взрывоопасных зон?

Ответ. Кабельные туннели на таких предприятиях сооружать не рекомендуется. При необходимости кабельные туннели могут сооружаться при выполнении следующих условий:

кабельные туннели должны прокладываться, как правило, вне взрывоопасных зон;

при подходе к взрывоопасным зонам кабельные туннели должны быть отделены от них несгораемой перегородкой с пределом огнестойкости 0,75 ч;

отверстия для кабелей и труб электропроводки, вводимых во взрывоопасную зону, должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами;

в кабельных туннелях должны быть выполнены противопожарные мероприятия;

выходы из туннеля, а также выходы вентиляционных шахт туннеля должны находиться вне взрывоопасных зон (7.3.127).

Зануление и заземление

Вопрос. Какие электроустановки и электрооборудование подлежат заземлению во взрывоопасных зонах любого класса?

Ответ. Подлежат заземлению:

электроустановки при всех напряжениях переменного и постоянного тока;

электрооборудование, установленное на зануленных (заземленных) металлических конструкциях, которые в соответствии с п. 1.7.48 Правил (п. 1) в невзрывоопасных зонах разрешается не занулять (не заземлять). Это требование не относится к электрооборудованию, установленному внутри зануленных (заземленных) корпусов шкафов и пультов (7.3.134).

Вопрос. Для какого электрооборудования должно осуществляться зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью?

Ответ. Должно осуществляться:

в силовых сетях во взрывоопасных зонах любого класса – отдельной жилой кабеля или провода;

в осветительных сетях во взрывоопасных зонах любого класса, кроме класса В-I, на участке от светильника до ближайшей ответвительной коробки – отдельным проводником, присоединенным к нулевому рабочему проводнику в ответвительной коробке;

в осветительных сетях во взрывоопасной зоне класса В-I – отдельным проводником, проложенным от светильника до ближайшего группового щитка;

на участке сети от РУ и ТП, находящихся вне взрывоопасной зоны, до щита, сборки, распределительного пункта и т. п., также находящихся вне взрывоопасной зоны, от которых осуществляется питание электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах любого класса, допускается в качестве нулевого защитного проводника использовать алюминиевую оболочку питающих кабелей (7.3.135).

Вопрос. Какой должна быть выбрана проводимость нулевых защитных проводников в электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью в целях обеспечения автоматического отключения аварийного участка?

Ответ. Должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или нулевой защитный проводник возникал ток КЗ, превышающий не менее чем в 4 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя и не менее чем в 6 раз ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратнозависимую от него характеристику (7.3.139).

Вопрос. Как должны выполняться проходы специально проложенных нулевых защитных (заземляющих) проводников через стены помещений со взрывоопасными зонами?

Ответ. Должны выполняться в отрезках труб или в проемах. Отверстия труб и проемов должны быть уплотнены несгораемыми материалами. Соединение нулевых защитных (заземляющих) проводников в местах проходов не допускается (7.3.141).

Молниезащита и защита от статического электричества

Вопрос. Как должна выполняться защита зданий, сооружений и наружных установок, имеющих взрывоопасные зоны, от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений?

Ответ. Должна выполняться в соответствии с РД 34.21.122–87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений».

Вопрос. Как должна выполняться защита установок от статического электричества?

Ответ. Должна выполняться в соответствии с действующими нормативными документами (7.3.143).

Глава 7.4. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ В ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОНАХ

Область применения

Вопрос. На какие электроустановки распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на электроустановки, размещаемые в пожароопасных зонах внутри и вне помещений (7.4.1).

Определения. Общие требования

Вопрос. Что называется пожароопасной зоной?

Ответ. Называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях (7.4.2).

Вопрос. Какую классификацию пожароопасных зон предусматривают настоящие Правила?

Ответ. Предусматривают следующую классификацию пожароопасных зон:

зоны класса П-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С (7.4.3);

зоны класса П-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ (7.4.4);

зоны класса П-IIа – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества (7.4.5);

зоны класса П-III – расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества (7.4.6).

Вопрос. К каким пожароопасным зонам относятся помещения вытяжных вентиляторов, а также помещения приточных вентиляторов (если приточные системы работают с воздуха), обслуживающих помещения с пожароопасными зонами класса П-II?

Ответ. Относятся к пожароопасным зонам класса П-II.

Помещения вентиляторов местных отсосов относятся к пожароопасным зонам того же класса, что и обслуживаемая ими зона (7.4.8).

Вопрос. В соответствии с какими нормативами должны выполняться защита зданий, сооружений и наружных установок, содержащих пожароопасные зоны, от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений, а также

заземление установленного в них электрооборудования (металлических сосудов, трубопроводов и т. п.), содержащего горючие жидкости, порошкообразные или волокнистые материалы и т. п., для предотвращения искрения, обусловленного статическим электричеством?

Ответ. Должны выполняться в соответствии с действующими нормативами по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений и защиты установок от статического электричества (7.4.13).

Электрические машины

Вопрос. При каких условиях электрические машины с классами напряжения до 10 кВ могут применяться в пожароопасных зонах любого класса?

Ответ. Могут применяться при условии, что их оболочки имеют степень защиты по ГОСТ 17494–72 не менее указанной в табл. 7.4.1 (7.4.15).

Таблица 7.4.1

Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIа	П-III
Стационарно установленные машины, искрящие или с искрящими частями по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Стационарно установленные машины, не искрящие и без искрящих частей по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Машины с частями, искрящими и не искрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т. п.)	IP44	IP54	IP44	IP44

Вопрос. С какой степенью защиты оболочки должно быть электрооборудование переносного электрифицированного инструмента в пожароопасных зонах любого класса?

Ответ. Должно быть не менее IP44; допускается степень защиты оболочки IP33 при условии выполнения специальных технологических требований к ремонту оборудования в пожароопасных зонах (7.4.17).

Электрические аппараты и приборы

Вопрос. Какие электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов могут применяться в пожароопасных зонах?

Ответ. Могут применяться со степенью защиты не менее указанной в табл. 7.4.2 (7.4.20).

Таблица 7.4.2

Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIа	П-III
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т. п.), искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящие по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54* IP44**	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей	IP44	IP44	IP44	IP44

* При установке в них аппаратов и приборов, искрящих по условиям работы.
** При установке в них аппаратов и приборов, не искрящих по условиям работы.

Вопрос. Можно ли устанавливать щитки и выключатели осветительных сетей в пожароопасных зонах?

Ответ. Их рекомендуется выносить из пожароопасных зон любого класса, если это не вызывает существенного удорожания и расхода цветного металла (7.4.24).

Электрические грузоподъемные механизмы

Вопрос. Каким кабелем должен выполняться токоподвод подъемных механизмов (кранов, талей и т. п.) в пожароопасных зонах классов П-I и П-II?

Ответ. Должен выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде (7.4.27).

Распределительные устройства, трансформаторные и распределительные подстанции

Вопрос. Допускается ли установка РУ напряжением до 1 кВ и выше в пожароопасных зонах?

Ответ. Их установка в пожароопасных зонах любого класса не рекомендуется. При необходимости установки РУ в пожароопасных зонах степень защиты его элементов (шкафов и т. п.) должна соответствовать табл. 7.4.2 (7.4.28).

Вопрос. Могут ли применяться встроенные или пристроенные ПС с маслонаполненными трансформаторами?

Ответ. Могут при выполнении следующих условий:

двери и вентиляционные отверстия камер трансформаторов с масляным заполнением не должны выходить в пожароопасные зоны;

отверстия в стенах и полу в местах прохода кабелей и труб электропроводки должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами;

выход из ПС с маслонаполненными трансформаторами, установленными в камерах, в пожароопасную зону может быть выполнен только из помещения РУ напряжением до 1 кВ. При этом дверь должна быть самозакрывающейся и иметь предел огнестойкости не менее 0,6 ч (7.4.30).

Электрические светильники

Вопрос. Какой должна быть конструкция светильников с лампами ДРЛ?

Ответ. Должна исключать выпадение из них ламп. Светильники с лампами накаливания должны иметь сплошное силикатное стекло, защищающее лампу. Они не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материалов. В пожароопасных помещениях любого класса складских помещений светильники с люминесцентными лампами не должны иметь отражателей и рассеивателей из горючих материалов (7.4.33).

Вопрос. Какую степень защиты должны иметь переносные светильники в пожароопасных зонах любого класса?

Ответ. Должны иметь степень защиты не менее IP54; стеклянный колпак светильника должен быть защищен металлической сеткой (7.4.35).

Электропроводки, токопроводы, воздушные и кабельные линии

Вопрос. Какие покров и оболочку должны иметь кабели и провода в пожароопасных зонах любого класса?

Ответ. Должны иметь покров и оболочку из материалов, не распространяющих горение. Применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается (7.4.36).

Вопрос. Можно ли прокладывать через пожароопасные зоны транзитные электропроводки и КЛ всех напряжений?

Ответ. Через пожарные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 1 м по горизонтали и вертикали от пожароопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу (производству) транзитные электропроводки и КЛ всех напряжений (7.4.37).

Вопрос. Разрешается ли прокладка кабелей и проводов в пожароопасных зонах любого класса?

Ответ. Разрешаются все виды их прокладки. Расстояние от кабелей и изолированных проводов, прокладываемых открыто непосредственно по конструкциям, на изоляторах, лотках, тросах и т. п. до мест открыто хранимых (размещаемых) горючих веществ, должно быть не менее 1 м (7.4.39).

Вопрос. Допускается ли применение в пожароопасных зонах шинопроводов напряжением до 1 кВ?

Ответ. В зонах классов П-I, П-II и П-IIа допускается применение шинопроводов с медными и алюминиевыми шинами со степенью защиты IP20 и выше, при этом в пожароопасных зонах П-I и П-II все шины, в том числе и шины ответвления, должны быть изолированными. В шинопроводах со степенью защиты IP54 и выше шины допускается не изолировать (7.4.43).

Вопрос. В каких пожароопасных зонах допускается применять ответвительные коробки с коммутационными и защитными аппаратами, а также разъемные контактные соединения?

Ответ. Допускается применять в пожароопасных зонах всех классов. При этом ответвительные коробки, установленные на шинопроводах, включая места ввода кабелей (проводов) и места соприкосновения с шинопроводами, должны иметь степень защиты IP44 и выше для пожароопасных зон классов П-I, П-IIа и IP54 и выше – для зон класса П-II (7.4.44).

Глава 7.5. ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Область применения

Вопрос. На какие электротермические установки распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на производственные и лабораторные установки электропечей и электронагревательных устройств переменного тока промышленной – 50 Гц, пониженной – ниже 50 Гц, повышенно-средней – до 30 кГц, высокой – выше 30 кГц до 300 МГц и сверхвысокой – более 300 МГц до 300 ГГц частоты и постоянного (выпрямленного) тока:

дуговых прямого (включая вакуумные дуговые), косвенного действия и комбинированного нагрева с преобразованием электроэнергии в тепловую в электрической дуге и в сопротивлении шихты, в том числе рудно-термических (рудовосстановительных, ферросплавных), а также плазменных нагревательных и плавильных;

индукционных нагревательных (включая закалочные) и плавильных (тигельных и канальных);

диэлектрического нагрева;

сопротивления прямого и косвенного нагрева, в том числе печей электрошлакового переплава, литья и наплавки, а также электродных печей расплавления флюса для перечисленных разновидностей электрошлаковых печей;

электронно-лучевых;

ионных;

лазерных (7.5.1).

Определения

Вопрос. Что представляет собой электротермическая установка (ЭТУ)?

Ответ. Представляет собой комплекс функционально связанных элементов: специализированного электротермического и другого электротехнического, а также механического оборудования, средств управления, контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА), обеспечивающих проведение соответствующего технологического процесса (7.5.3).

Вопрос. Что такое электротермическое оборудование?

Ответ. Это электротехнологическое оборудование, предназначенное для преобразования электрической энергии в тепловую с целью нагревания (расплавления) материалов (7.5.4).

Вопрос. На какие классы делится рабочее напряжение ЭТУ?

Ответ. Делится на три класса:

до 50 В переменного или 110 В постоянного тока;

более указанного выше напряжения до 1600 В переменного или постоянного тока;

более 1600 В переменного или постоянного тока (7.5.4).

Вопрос. Что представляет собой печная трансформаторная или преобразовательная ПС?

Ответ. Представляет собой ПС, входящую в состав ЭТУ (7.5.5).

Вопрос. Что представляет собой печной силовой трансформатор (трансформаторный агрегат) или автотрансформатор?

Ответ. Это соответственно трансформатор или автотрансформатор ЭТУ, преобразующий электроэнергию переменного тока с напряжения сети на рабочее напряжение электрической печи (электронагревательного устройства) (7.5.6).

Вопрос. Что такое печной преобразовательный трансформатор?

Ответ. Это трансформатор, передающий электроэнергию к преобразовательному (выпрямительному) устройству ЭТУ (7.5.6).

Вопрос. Что представляет собой печной выключатель?

Ответ. Представляет собой выключатель, коммутирующий главные силовые цепи переменного тока ЭТУ, оперативно-защитный или оперативный выключатель (7.5.7).

Общие требования

Вопрос. Какие электроприемники ЭТУ рекомендуется относить к III категории?

Ответ. Рекомендуется относить электроприемники ЭТУ цехов и участков несерийного производства: кузнечных, штамповочных, прессовых, механических, механосборочных и окрасочных; цехов и участков инструментальных, сварочных, сборного железобетона, деревообрабатывающих и деревообделочных, экспериментальных, ремонтных, а также лабораторий, испытательных станций, гаражей, депо, административных зданий (7.5.8).

Вопрос. Какие коммутационные и защитные аппараты должна содержать первичная цепь каждой ЭТУ?

Ответ. Должна, как правило, содержать следующие аппараты в зависимости от напряжения питающей электросети промышленной частоты:

до 1 кВ – выключатель (рубильник с дугогасящими контактами, пакетный выключатель) на вводе и предохранители, или блок выключатель-предохранитель, или автоматический выключатель с электромагнитными и тепловыми расцепителями;

выше 1 кВ – разъединитель (отделитель или разъемное контактное соединение КРУ) на вводе и выключатель оперативно-защитного назначения или разъединитель (отделитель, разъемные контактные соединения КРУ) и два выключателя – оперативный и защитный (7.5.10).

Вопрос. Что допускается использовать на вводе для включения электронагревательного устройства мощностью менее 1 кВт в электрическую цепь напряжением до 1 кВ?

Ответ. Допускается использовать втычные разъемные контактные соединения, присоединяемые к линии (магистральной или радиальной), устройство защиты которой установлено в силовом (осветительном) пункте или на щитке (7.5.10).

Вопрос. Какая коммутационная аппаратура должна применяться в электрических цепях напряжением выше 1 кВ с числом коммутационных операций в среднем пять циклов включения-отключения в сутки и более?

Ответ. Должны применяться специальные выключатели с повышенной механической и электрической износостойкостью, соответствующие требованиям действующих стандартов (7.5.11).

Вопрос. Каким должен быть коэффициент мощности ЭТУ, присоединяемых к электрическим сетям общего назначения?

Ответ. Как правило, должен быть не ниже 0,98. ЭТУ единичной мощностью 0,4 МВт и более, естественный коэффициент мощности которых ниже указанного значения, рекомендуется снабжать индивидуальными компенсирующими устройствами, которые не следует включать в ЭТУ, если технико-экономическими расчетами выявлены явные преимущества групповой компенсации (7.5.14).

Вопрос. Что должно сооружаться под маслонаполненным оборудованием печных ПС?

Ответ. Должны сооружаться:

при массе масла в одном баке (полюсе) до 60 кг – порог или пандус для удержания полного объема масла;

при массе масла в одном баке (полюсе) от 60 до 600 кг – приямок или маслоприемник для удержания полного объема масла;

при массе масла более 600 кг – маслоприемник на 20 % объема масла с отводом в маслосборный бак. Маслоприемник должен перекрываться металлической решеткой, поверх которой следует насыпать слой промытого просеянного гравия или непористого щебня с частицами от 30 до 70 мм толщиной не менее 250 мм (7.5.17).

Вопрос. Какими системами пожаротушения следует снабжать камеры (помещения) с маслонаполненным электрооборудованием?

Ответ. Следует снабжать автоматическими системами пожаротушения при суммарном количестве масла, превышающем 10 т, – для камер (помещений), расположенных на отметке первого этажа и выше, и 0,6 т – для камер (помещений), расположенных ниже отметки первого этажа. При суммарном количестве масла в указанных камерах (помещениях) менее 10 и 0,6 т соответственно они должны оборудоваться пожарной сигнализацией (7.5.21).

Вопрос. Какие рекомендуется принимать минимальные расстояния в свету от наиболее выступающих частей печного трансформатора, расположенных на высоте до 1,9 м от пола, до стенок трансформаторных камер при отсутствии в камерах другого оборудования?

Ответ. Рекомендуется принимать:

до передней стенки камеры (со стороны печи или электронагревательного устройства) – 0,4 м для трансформаторов мощностью менее 0,4 МВ·А; 0,6 м – от 0,4 до 12,5 МВ·А и 0,8 м – более 12,5 МВ·А;

до боковых и задней стенок камеры – 0,8 м при мощности трансформатора менее 0,4 МВ·А; 1 м – от 0,4 до 12,5 МВ·А и 1,2 м – более 12,5 МВ·А;

до соседнего печного трансформатора (автотрансформатора) – 1 м при мощности до 12,5 МВ·А и 1,2 м – более 12,5 МВ·А для вновь проектируемых печных подстанций и соответственно 0,8 и 1 м – для реконструируемых;

допускается уменьшение указанных расстояний на 0,2 м на длине не более 1 м. При совместной установке в общей камере печных трансформаторов и другого оборудования ширину проходов и расстояние между оборудованием и стенками камеры рекомендуется принимать на 10–20 % больше указанных значений (7.5.25).

Вопрос. Чем должны быть снабжены ЭТУ?

Ответ. Должны быть снабжены блокировками, обеспечивающими безопасное обслуживание электрооборудования и механизмов этих установок, а также правильную последовательность оперативных переключений (7.5.26).

На щитах управления ЭТУ должна предусматриваться сигнализация включенного и отключенного положений оперативных коммутационных аппаратов; в установках единичной мощностью 0,4 МВт и более рекомендуется предусматривать также сигнализацию включенного положения вводных коммутационных аппаратов (7.5.30).

Вопрос. Что должна обеспечивать конструкция токопроводов ЭТУ (в частности, вторичных токоподводов – «коротких сетей» электропечей)?

Ответ. Должна обеспечивать:

оптимальные реактивное и активное сопротивления;

рациональное распределение тока в проводниках;

симметрирование сопротивлений по фазам в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на отдельные виды (типы) трехфазных электропечей или электронагревательных устройств;

ограничение потерь электроэнергии в металлических креплениях шин, конструкциях установок и строительных элементах зданий и сооружений (7.5.31).

Вопрос. Каковы требования в части применения крепящих деталей из магнитных материалов?

Ответ. Для токопроводов переменного тока с частотой 2,4 кГц их применение не рекомендуется, а с частотой 4 кГц и более – не допускается, за исключением узлов присоединения шин к водоохлаждаемым элементам. Опорные конструкции и защитные экраны таких токопроводов (за исключением конструкций для коаксиальных токопроводов) должны изготавливаться из немагнитных или маломагнитных материалов (7.5.31).

Вопрос. Какая должна быть температура шин и контактных соединений с учетом нагрева электрическим током и внешними тепловыми излучениями?

Ответ. Должна быть, как правило, не выше 90 °С. В реконструируемых установках для вторичных токоподводов допускается в обоснованных случаях для медных шин температура 140 °С, для алюминиевых – 120 °С, при этом соединения шин следует выполнять сварными (7.5.31).

Вопрос. Какие значения допустимых длительных токов рекомендуются для токопроводов?

Ответ. Эти значения для различных шин и при различной токовой нагрузке приведены в табл. 7.5.1–7.5.10 настоящих Правил (7.5.33).

Вопрос. Что рекомендуется использовать для токопроводов ЭТУ в качестве изолирующих опор шинных пакетов и прокладок между ними в электрических цепях постоянного тока и переменного тока промышленной, пониженной и повышенно-средней частоты напряжением до 1 кВ, а также других напряжений?

Ответ. Рекомендуется использовать колодки или плиты (листы) из непропитанного асбоцемента, а в цепях напряжением от 1 до 1,6 кВ – из гетинакса, стеклотекстолита или термостойких пластмасс.

При напряжениях до 500 В в сухих и непыльных помещениях допускается использовать пропитанную буковую или березовую древесину. Для токопроводов выше 1,6 кВ должны применяться фарфоровые или стеклянные опорные изоляторы, причем при токах 1,5 кА и более промышленной частоты и при любых токах повышенно-средней, высокой и сверхвысокой частоты арматура изолятора, как правило, должна быть алюминиевой (7.5.35).

Вопрос. Какие требования предъявляются к мостовым, подвесным, консольным и другим подобным кранам и талям, используемым в помещениях, где находятся установки электронагревательных устройств сопротивления прямого действия – дуговых печей сопротивления с перепуском самоспекающихся электродов без отключения установок?

Ответ. Они должны иметь изолирующие прокладки (обеспечивающие три ступени изоляции с сопротивлением каждой ступени не менее 0,5 МОм), исключающие возможность соединения с «землей» (через крюк или трос подъемно-транспортных механизмов) элементов установки, находящихся под напряжением (7.5.37).

Вопрос. Что должно быть предусмотрено для предотвращения выноса по трубопроводам потенциала, опасного для обслуживающего персонала, при охлаждении элементов ЭТУ, которые могут находиться под напряжением, водой по проточной или циркуляционной системе?

Ответ. Должны быть предусмотрены изолирующие шланги (рукава). Подающий и сливной концы шланга должны иметь металлические патрубки, которые должны быть заземлены, если нет ограждения, исключающего прикосновение к ним персонала при включенной установке (7.5.39).

Вопрос. Какова должна быть длина изолирующих шлангов водяного охлаждения, соединяющих элементы различной полярности?

Ответ. Должна быть не менее указанной в технической документации заводов – изготовителей оборудования; при отсутствии таких данных рекомендуется принимать равной: при номинальном напряжении до 1,6 кВ менее 1,5 м для шлангов внутренним диаметром до 25 мм и 2,5 м – для шлангов внутренним диаметром более 25 мм; при номинальном напряжении выше 1,6 кВ – 2,5 и 4 м соответственно. Длина шлангов не нормируется, если между шлангом и сточной трубой имеется разрыв и струя воды свободно падает в воронку (7.5.39).

Установки дуговых печей прямого, косвенного и комбинированного действия (руднотермические и ферросплавные)

Вопрос. Какие виды защит должны быть предусмотрены для печных трансформаторов (трансформаторных агрегатов) установок дуговых печей?

Ответ. Должны быть предусмотрены:

максимальная токовая защита без выдержки времени от двух- и трехфазных КЗ в обмотке и на выводах, отстроенная от токов эксплуатационных КЗ и бросков намагничивающего тока при включении установок;

газовая защита от повреждения внутри бака, сопровождающегося выделением газа, и от понижения уровня масла в баке;

защита от однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах печных трансформаторов, присоединенных к электрической сети с эффективно заземленной нейтралью;

защита от перегрузок для установок всех видов дуговых печей. Для установок дуговых сталеплавильных печей рекомендуется предусматривать защиту с зависимой от тока характеристикой выдержки времени. Защита должна действовать с разными выдержками времени на сигнал и отключение;

защита от повышения температуры масла в системе охлаждения печного трансформатора с использованием температурных датчиков с действием на сигнал при достижении максимально допустимой температуры и на отключение при ее превышении;

защита от нарушения циркуляции масла и воды в системе охлаждения печного трансформатора с действием на сигнал – для масловодяного охлаждения печного трансформатора с принудительной циркуляцией масла и воды (7.5.46).

Вопрос. Какими измерительными приборами должны быть снабжены установки дуговых печей?

Ответ. Должны быть снабжены, как правило, измерительными приборами для контроля активной и реактивной потребляемой электроэнергии, а также приборами для контроля за технологическим процессом. На установках дуговых сталеплавильных печей рекомендуется устанавливать приборы, регистрирующие 30-минутный максимум нагрузки (7.5.47).

Вопрос. Что необходимо предусматривать для исключения возможности замыкания при перепуске электродов дуговых печей сопротивления помимо изоляционного покрытия на рабочей (перепускной) площадке?

Ответ. Необходимо предусматривать установку между электродами постоянных разделительных изолирующих щитов (7.5.49).

Установки индукционного и диэлектрического нагрева

Вопрос. Что должно устанавливаться в контурах индукторов для улучшения использования трансформаторов и преобразователей?

Ответ. Должны устанавливаться конденсаторные батареи. Для облегчения настройки в резонанс конденсаторные батареи в установках со стабилизируемой частотой, как правило, следует разделять на две части – постоянно включенную и регулируемую (7.5.51).

Вопрос. Какими устройствами должны снабжаться двигатель-генераторы установок частотой 8 кГц и более?

Ответ. Должны снабжаться ограничителями холостого хода, отключающими возбуждение генератора во время длительных пауз между рабочими циклами, когда останов двигатель-генераторов нецелесообразен (7.5.55).

Вопрос. Какие защитные экранирующие устройства должны иметь установки индукционные и диэлектрического нагрева высокой частоты?

Ответ. Должны иметь экранирующие устройства для ограничения уровня напряженности электромагнитного поля на рабочих местах до значений, определяемых действующими санитарными нормами (7.5.56).

Вопрос. Что должно быть заземлено в сушильных камерах диэлектрического нагрева (высокочастотных сушильных установок) с применением сетчатых электродов?

Ответ. Должны быть заземлены сетки с обеих сторон проходов (7.5.57).

Вопрос. Чем должны быть снабжены двери блоков установок индукционных и диэлектрического нагрева высокой частоты?

Ответ. Должны быть снабжены блокировкой, при которой открывание двери возможно лишь при отключении напряжения всех силовых цепей (7.5.58).

Вопрос. Какова должна быть ширина рабочих мест?

Ответ. Должна быть у щитов управления не менее 1,2 м, а у нагревательных устройств, плавильных печей, нагревательных индукторов (при индукционном нагреве) и рабочих конденсаторов (при диэлектрическом нагреве) – не менее 0,8 м (7.5.59).

Установки печей сопротивления прямого и косвенного действия

Вопрос. Где допускается устанавливать печные понижающие и регулировочные сухие трансформаторы (автотрансформаторы), а также трансформаторы с негорючей жидкостью и панели управления (если на них нет приборов, чувствительных к электромагнитным полям)?

Ответ. Допускается устанавливать непосредственно на конструкциях самих печей сопротивления или в непосредственной близости от них (7.5.61).

Вопрос. Как рекомендуется устанавливать электрические аппараты силовых цепей и пирометрические приборы?

Ответ. Рекомендуется устанавливать на раздельных щитах. На приборы не должны воздействовать вибрации и удары при работе коммутационных аппаратов (7.5.63).

Вопрос. Допускается ли совместная прокладка в одной трубе проводов пирометрических цепей и проводов контрольных или силовых цепей?

Ответ. Такая совместная прокладка не допускается, а также не допускается объединение указанных цепей в одном контрольном кабеле (7.5.64).

Вопрос. Каковы требования электробезопасности для установок прямого нагрева, работающих при напряжении выше 50 В переменного или выше 110 В постоянного тока?

Ответ. Рабочая площадка, на которой находятся оборудование установки и обслуживающий персонал, должна быть изолирована от земли. Для установок непрерывного действия, где под напряжением находятся сматывающие и наматывающие устройства, по границам изолированной от земли рабочей площадки должны быть поставлены защитные сетки или стенки, исключающие возможность выброса разматываемой ленты или проволоки за пределы площадки. Кроме того, такие устройства должны снабжаться устройством контроля изоляции с действием на сигнал (7.5.70).

Вопрос. Какой должна быть предельно допустимая величина тока утечки в установках прямого нагрева?

Ответ. Должна составлять не более 0,2 % номинального тока установки (7.5.72).

Электронно-лучевые установки

Вопрос. Какую защиту должны иметь преобразовательные агрегаты электронно-лучевых установок, присоединяемые к питающей электрической сети напряжением до 1 кВ?

Ответ. Должны иметь защиту от пробоев изоляции цепей низшего напряжения и электрической сети, вызванных наведенными зарядами в первичных обмотках повышающих трансформаторов, а также защиту от КЗ во вторичной обмотке (7.5.73).

Вопрос. Чем должны оборудоваться преобразовательные агрегаты для защиты от коммутационных перенапряжений?

Ответ. Должны оборудоваться разрядниками или ОПН, устанавливаемыми на стороне высшего напряжения (7.5.74).

Ионные и лазерные установки

Вопрос. Как должны компоноваться и размещаться ионные и лазерные установки?

Ответ. Должны компоноваться, а входящие в их состав блоки размещаться с учетом мер, обеспечивающих помехоустойчивость управляющих и измерительных цепей этих установок от электромагнитного воздействия, вызываемого флуктуацией газового разряда, обусловливающей характер изменения нагрузки источника питания (7.5.75).

Глава 7.6. ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫЕ УСТАНОВКИ

Термины и определения

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Электросварочная установка	Комплекс функционально связанных между собой элементов соответствующего электросварочного и общего назначения электротехнического, а также механического и другого оборудования, средств КИПиА, обеспечивающих осуществление необходимого технологического процесса	7.6.3
Источник сварочного тока	Специальное электротехническое устройство, способное обеспечить подачу электрической энергии с соответствующими параметрами для преобразования ее в необходимое количество теплоты в зоне плавления или нагрева металла (или неметаллического материала) до пластического состояния для проведения указанных выше процессов	7.6.4
Сварочная цепь	Предназначенная для прохождения сварочного тока часть электрической цепи электросварочной установки от выводов источника сварочного тока до свариваемой детали (изделия)	7.6.5
Сварочный пост электросварочной установки	Рабочее место сварщика, оснащенное комплексом средств (оборудованием, приборами и проч.) для выполнения электротехнологических процессов сварки, наплавления, напыления, резки	7.6.6
Однопостовый и многопостовый источник сварочного тока	Источники сварочного тока, питающие соответственно один или несколько сварочных постов	7.6.7
Автономные электросварочные установки	Установки с источниками сварочного тока, снабженными двигателями внутреннего сгорания, в отличие от электросварочных установок, получающих питание от электрических сетей, в том числе присоединяемых к передвижным электростанциям	7.6.8

Область применения

Вопрос. На какие электросварочные установки распространяется настоящий раздел Правил?

Ответ. Распространяется на оборудуемые и используемые в закрытых помещениях или на открытом воздухе стационарные, переносные и передвижные электросварочные установки, предназначенные для выполнения электротехнологических процессов сварки, наплавки, напыления, резки плавлением (разделительной и поверхностной) и сварки с применением давления, в том числе:

дуговой и плазменной сварки, наплавки, переплава, напыления, резки;

электрошлаковой сварки, электрошлакового и плазменно-дугового переплава;

индукционной сварки и наплавления;

электронно-лучевой сварки;

лазерной сварки и резки;

сварки контактным разогревом;

контактной или диффузионной сварки;

дуговой контактной сварки (с разогревом до пластического состояния торцов свариваемого изделия возбужденной дугой, вращающейся в магнитном поле, с последующим их контактным соединением давлением) (7.6.1).

Вопрос. Как разделяются электросварочные установки по степени механизации технологических операций?

Ответ. Разделяются на установки, на которых эти операции выполняются вручную, полуавтоматические (когда автоматически поддерживается электрический режим сварки, а остальные операции выполняются вручную) и автоматические (7.6.9).

Общие требования

Вопрос. К каким категориям в отношении обеспечения надежности электроснабжения следует относить электроприемники основного оборудования и вспомогательных механизмов электросварочных установок?

Ответ. Следует относить, как правило, к электроприемникам III или II категории. К III категории следует относить электроприемники всех передвижных и переносных электросварочных установок, стационарных электросварочных установок несерийных цехов и участков, а также других цехов и участков, если перерыв в электроснабжении используемого в них электросварочного оборудования не приводит к массовому недоотпуску продукции, простоям рабочих и механизмов (7.6.11).

Вопрос. Какие аппараты должны применяться в качестве источников сварочного тока?

Ответ. Должны применяться только специально для этого предназначенные и удовлетворяющие требованиям действующих стандартов сварочные трансформаторы либо преобразователи статические или двигатель-генераторные с электродвигателями или двигателями внутреннего сгорания. Питание сварочной дуги, электрошлаковой ванны и сопротивления

контактной сварки непосредственно от силовой, осветительной или контактной электрической сети не допускается (7.6.16).

Вопрос. Какие электрические аппараты должна содержать первичная цепь электросварочной установки?

Ответ. Должна содержать коммутационный (отключающий) и защитный электрические аппараты (аппарат), ее номинальное напряжение должно быть не выше 660 В. Сварочные цепи не должны иметь соединений с электрическими цепями, присоединяемыми к сети (в том числе с электрическими цепями, питаемыми от сети обмоток возбуждения генераторов преобразователей) (7.6.20).

Вопрос. Какие коммутационные и защитные аппараты должны иметь электросварочные установки с многопостовым источником сварочного тока?

Ответ. Должны иметь устройство (автоматический выключатель, предохранители) для защиты источника от перегрузки, а также коммутационный и защитный электрические аппараты (аппарат) на каждой линии, отходящей к сварочному посту (7.6.21).

Вопрос. Каким защитным устройством должны быть оснащены шкафы комплектных устройств и корпуса сварочного оборудования (машин), имеющие неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением выше 50 В переменного или выше 110 В постоянного тока?

Ответ. Должны быть оснащены блокировкой, обеспечивающей при открывании дверей (дверец) отключение от электрической сети устройств, находящихся внутри шкафа (корпуса). Допускается взамен блокировки применение замков со специальными ключами, если при работе не требуется открывать двери (дверцы) (7.6.27).

Вопрос. Какие защитные меры должны быть предусмотрены в электросварочных установках, кроме защитного заземления ОПЧ и подключения к системе уравнивания потенциалов сторонних проводящих частей?

Ответ. Должно быть предусмотрено заземление одного из выводов вторичной цепи источников сварочного тока: сварочных трансформаторов, статических преобразователей и тех двигатель-генераторных преобразователей, у которых обмотки возбуждения генератора присоединяются к электрической сети без разделительных трансформаторов. В электросварочных установках, в которых дуга горит между электродом и электропроволоким изделием, следует заземлять вывод вторичной цепи источника сварочного тока, соединяемый проводником (обратным проводом) с изделием (7.6.28).

Вопрос. Какое требование предъявляется к втычным контактным соединителям проводов для включения в электрическую цепь напряжением выше 50 В переменного тока или выше 110 В постоянного тока переносных пультов управления сварочных автоматов или полуавтоматов?

Ответ. Они должны иметь заземляющие контакты (7.6.29).

Вопрос. Чем должны быть снабжены электросварочные установки, в которых по условиям электротехнологического процесса не может быть выполнено заземление, а также переносные и передвижные электросварочные установки, заземление оборудования которых представляет значительные трудности?

Ответ. Должны быть снабжены устройствами защитного отключения или непрерывного контроля изоляции (7.6.30).

Вопрос. Какое устройство должны иметь конденсаторы, используемые в электросварочных установках в целях накопления электроэнергии для сварочных импульсов?

Ответ. Должны иметь устройство для автоматической разрядки при снятии защитного кожуха или при открывании дверей шкафа, в которых установлены конденсаторы (7.6.31).

Требования к помещениям для сварочных установок и сварочных постов

Вопрос. Что должно быть предусмотрено в помещениях для электросварочных установок?

Ответ. Должны быть предусмотрены проходы шириной не менее 0,8 м, обеспечивающие удобство и безопасность производства сварочных работ и доставки изделий к месту сварки и обратно (7.6.36).

Вопрос. Какой должна быть площадь отдельного помещения для электросварочных установок?

Ответ. Должна быть не менее 10 м^2, причем площадь, свободная от оборудования и материалов, должна составлять не менее 3 м^2 на каждый сварочный пост (7.6.37).

Вопрос. Где должны быть размещены сварочные посты для систематического выполнения ручной дуговой сварки или сварки в среде защитных газов изделий малых и средних габаритов непосредственно в производственных цехах в непожароопасных и невзрывоопасных зонах?

Ответ. Должны быть размещены в специальных кабинах со стенками из несгораемого материала. Глубина кабины должна быть не менее двойной длины, а ширина – не менее полуторной длины свариваемых изделий, однако площадь кабины должна быть не менее 2×1,5 м. При установке источника сварочного тока в кабине ее размеры должны быть соответственно увеличены (7.6.38).

Вопрос. При каком условии допускается выполнение работ на сварочных постах при несистематической ручной дуговой сварке, сварке под флюсом и электрошлаковой сварке?

Ответ. Допускается непосредственно в пожароопасных помещениях при условии ограждения места работы щитами или занавесами из негорючих материалов высотой не менее 1,8 м (7.6.39).

Установки электрической сварки (резки, наплавки) плавлением

Вопрос. Какие проходы должны быть между источниками сварочного тока – преобразователями (статическими и двигатель-генераторными) установок сварки (резки, наплавки) плавлением?

Ответ. Должны быть шириной не менее 0,8 м между однопостовыми и не менее 1,5 м – между многопостовыми. Расстояние от одно- и многопостовых источников сварочного тока до стены должно быть не менее 0,5 м.

Проходы между группами сварочных трансформаторов должны быть шириной не менее 1 м. Расстояние между сварочными трансформаторами, стоящими рядом в одной группе, должно быть не менее 0,1 м (7.6.45).

Вопрос. Что не допускается использовать в качестве обратного провода?

Ответ. Не допускается использование металлических строительных конструкций зданий, трубопроводов, технологического оборудования, а также проводников сети заземления (7.6.50).

Вопрос. Какие значения не должно превышать напряжение холостого хода источников сварочного тока установок дуговой сварки при номинальном напряжении питающей электрической сети?

Ответ. Не должно превышать для источников постоянного тока 100 В (среднее значение) и для источников переменного тока (действующее значение):

80 В – для установок ручной и полуавтоматической дуговой сварки на номинальный сварочный ток 630 А;

100 В – для установок автоматической дуговой сварки на номинальный сварочный ток 1000 А;

120 В – для установок автоматической дуговой сварки на номинальный сварочный ток 1600 А;

140 В – для установок автоматической дуговой сварки на номинальный сварочный ток 2000 А (7.6.54).

Вопрос. Каким должно быть номинальное напряжение электродвигателей и электротехнических устройств, расположенных на переносных частях электросварочных автоматов?

Ответ. Должно быть не выше 50 В переменного и 110 В постоянного тока. Электродвигатели и электротехнические устройства, расположенные на частях стационарных и передвижных электросварочных автоматов, смонтированных на стационарных установках, допускается питать от сети 220 и 380 В переменного тока или 220 и 440 В постоянного тока при обязательном заземлении их корпусов, которые должны быть электрически изолированы от частей, гальванически связанных со сварочной цепью (7.6.56).

Вопрос. Каким должно быть напряжение холостого хода источника сварочного тока установки плазменной обработки при номинальном напряжении сети?

Ответ. Должно быть не выше:

500 В – для установок автоматической резки, напыления и плазменно-механической обработки;

300 В – для установок полуавтоматической резки или напыления;

180 В – для установок ручной резки, сварки или наплавки (7.6.57).

Вопрос. Какую блокировку должны иметь установки для автоматической плазменной резки?

Ответ. Должны иметь блокировку, исключающую шунтирование замыкающих контактов в цепи питания катушки коммутационного аппарата без электрической дуги (7.6.58).

Вопрос. Какую защиту должны иметь сварочные электронно-лучевые установки?

Ответ. Должны иметь защиту от жесткого и мягкого рентгеновского излучения, обеспечивающую их полную радиационную безопасность, при которой уровень излучения на рабочих местах должен быть не выше допускаемого действующими нормативами для лиц, не работающих с источниками ионизирующих излучений (7.6.61).

Установки электрической сварки с применением давления

Вопрос. Какой должна быть ширина проходов между машинами точечной, роликовой (линейной) и рельефной сварки при их расположении друг напротив друга?

Ответ. Должна быть не менее 2 м, а между машинами стыковой сварки – не менее 3 м. При расположении машин тыльными сторонами друг к другу ширина прохода должна быть не менее 1 м, при расположении передними и тыльными сторонами – не менее 1,5 м (7.6.62).

Вопрос. Каким должно быть напряжение холостого хода вторичной обмотки сварочного трансформатора машины контактной сварки при номинальном напряжении сети?

Ответ. Должно быть не выше 50 В (7.6.65).

Вопрос. Как должны присоединяться к сети подвесные машины точечной и роликовой сварки со встроенными сварочными трансформаторами?

Ответ. Должны присоединяться через разделяющий трансформатор и иметь блокировку, допускающую включение силовой цепи только при заземленном корпусе машины (7.6.66).

Вопрос. При каком условии допускается непосредственное подключение сварочного трансформатора (без разделяющего трансформатора) к сети напряжением не более 380 В?

Ответ. Такое подключение допускается, если первичная цепь встроенного трансформатора имеет двойную (усиленную) изоляцию или же машина должна быть оборудована устройством защитного заземления (7.6.66).

Вопрос. Каким должно быть напряжение цепей управления в подвесных машинах точечной и роликовой сварки, расположенных непосредственно на сварочных клещах?

Ответ. Должно быть не выше 50 В для цепей переменного и 110 В для цепей постоянного тока. Как исключение допускается напряжение указанных цепей до 220 В переменного или постоянного тока при наличии двойной изоляции цепей управления, а также элементов заземления или УЗО (7.6.67).

Глава 7.7. ТОРФЯНЫЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

Область применения, определения

Вопрос. На какие торфяные электроустановки распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на вновь сооружаемые, реконструируемые и ежегодно сдаваемые в эксплуатацию торфяные электроустановки напряжением до 10 кВ (7.7.1).

Вопрос. Что понимается под торфяными электроустановками?

Ответ. Понимаются ПС (стационарные и передвижные), ВЛ и КЛ и присоединенная к ним электрическая часть электрифицированных машин для подготовки торфяных месторождений, добычи, сушки, уборки и погрузки торфа (7.7.2).

Вопрос. Какая территория считается территорией торфяного предприятия?

Ответ. Считается территория, закрепленная за предприятием, в границах его перспективного развития. Территория торфяного предприятия, за исключением рабочих поселков, деревень и железнодорожных станций, относится к ненаселенной местности (7.7.3).

Электроснабжение

Вопрос. Какую нейтраль должны иметь электрические сети торфяных электроустановок напряжением до 1 кВ и выше?

Ответ. Должны иметь изолированную нейтраль. Допускается заземление нулевых точек в цепях измерения, сигнализации и защиты напряжением до 1 кВ (7.7.4).

Вопрос. К какой категории в отношении надежности электроснабжения следует относить электроприемники торфяных электроустановок?

Ответ. Следует относить ко II категории (7.7.6).

Защита

Вопрос. Какая защита должна быть установлена на ПС, от которых в числе других потребителей получают питание передвижные торфяные электроустановки напряжением выше 1 кВ?

Ответ. На каждой отходящей линии должна быть установлена селективная защита, отключающая линию при возникновении на ней однофазного замыкания на землю. Должна быть выполнена вторая ступень защиты, действующая при отказе селективной защиты линии.

В качестве второй ступени должна применяться защита от повышения напряжения нулевой последовательности, действующая с выдержкой времени 0,5 0,7 с на отключение секции или системы шин, трансформатора, ПС в целом (7.7.7).

Вопрос. Какую защиту должны иметь торфяные электроустановки напряжением до 1 кВ, получающие питание от трансформатора с изолированной нейтралью?

Ответ. Должны иметь защиту от замыкания на землю с мгновенным отключением установки в случае однофазного замыкания на землю (7.7.8).

Подстанции

Вопрос. Из каких блоков должны состоять стационарные ТП (в том числе столбовые), применяемые на участке добычи торфа?

Ответ. Должны состоять из комплектных блоков, допускающих многократный монтаж и демонтаж (7.7.9).

Вопрос. Каким должно быть ограждение территории стационарной ТП (в том числе столбовой)?

Ответ. Территория должна быть ограждена забором высотой 1,8–2,0 м. Ограждение может быть выполнено из колючей проволоки.

Ворота ограждения должны быть снабжены замком. На них должен быть повешен предупреждающий плакат (7.7.10).

Воздушные линии электропередачи

Вопрос. Какие опоры допускается применять на ВЛ торфяных электроустановок?

Ответ. При сроке службы до 5 лет допускается применять деревянные опоры из хвойных пород непропитанного леса. Диаметр опор ВЛ в верхнем отрубе должен быть не менее 14 см (7.7.13).

Вопрос. Допускается ли совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ напряжением до 1 кВ и проводов ВЛ выше 1 кВ?

Ответ. Допускается. При этом расстояние по вертикали между точками подвеса проводов ВЛ до 1 кВ и проводов ВЛ выше 1 кВ должно быть не менее 1,5 м. На всем протяжении совместной подвески для проводов ВЛ выше 1 кВ должно применяться двойное крепление (7.7.15).

Вопрос. На каких ответвлениях от ВЛ должны быть установлены разъединители?

Ответ. Должны быть установлены на ответвлениях протяженностью более 1 км ВЛ напряжением выше 1 кВ, а также перед стационарными установками (насосные низкого давления и т. п.) (7.7.23).

Вопрос. Каким должно быть расстояние от проводов ввода ВЛ, питающей передвижную электроустановку напряжением до 10 кВ, до земли?

Ответ. Должно быть не менее 3 м. Проход под проводами ввода должен быть огражден (7.7.24).

Кабельные линии

Вопрос. Как могут укладываться переносные КЛ напряжением до 10 кВ, питающие электроэнергией непрерывно двигающиеся или периодически передвигаемые в течение одного сезона машины?

Ответ. Могут укладываться непосредственно на поверхности залежи. При этом около КЛ выше 1 кВ должны устанавливаться предупреждающие плакаты (7.7.28).

Вопрос. При помощи каких устройств следует производить присоединение переносной КЛ к ВЛ?

Ответ. Следует производить при помощи разъединяющих устройств. Высота установки незащищенных токоведущих частей разъединяющего устройства от земли должна быть не менее 5 м для линейных устройств и 3,5 м – для разъемных и переносных устройств (7.7.30).

Электродвигатели, коммутационные аппараты

Вопрос. Какую блокировку должны иметь коммутационные устройства электродвигателей напряжением выше 1 кВ?

Ответ. Должны иметь блокировку, не допускающую: отключение разъединителя под нагрузкой; включение разъединителя при включенном пусковом аппарате; открывание шкафа при включенном разъединителе; включение разъединителя при открытом шкафе (7.7.33).

Вопрос. При помощи какого устройства допускается производить пуск электродвигателя, присоединенного к отдельному трансформатору?

Ответ. Допускается производить при помощи пускового устройства, установленного на стороне высшего напряжения трансформатора, без установки коммутационной аппаратуры между электродвигателем и трансформатором (7.7.35).

Вопрос. Допускается ли прямой пуск электродвигателей?

Ответ. Допускается для электродвигателей, мощность которых не превышает 90 % мощности трансформатора (7.7.38).

Заземление

Вопрос. Каким должно быть сопротивление заземляющего устройства передвижных торфяных электроустановок напряжением выше 1 до 10 кВ, присоединенных к электрическим сетям с изолированной нейтралью?

Ответ. Должно быть не более $40/I$, Ом, где I – ток однофазного замыкания на землю, А (7.7.39).

Вопрос. Каким должно быть сопротивление заземления торфяных электроустановок напряжением до 1 кВ, присоединенных электрическим к сетям с изолированной нейтралью?

Ответ. Должно быть не более 30 Ом (7.7.40).

Вопрос. Что рекомендуется применять в качестве переносных заземлителей?

Ответ. Рекомендуется применять стержневые электроды длиной не менее 2,5 м, погружаемые вертикально в залежи на глубину не менее 2 м. Количество электродов должно быть не менее трех (7.7.42).

Глава 7.10. ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ И УСТАНОВКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Термины и определения. Состав установок

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Установки электролизные и гальванических покрытий	Комплексы, состоящие из одной или нескольких ванн (соответственно электролизных – электролизеров или гальванических) и из требующихся для осуществления в них рабочего процесса выпрямительных агрегатов, другого электротехнического оборудования общего назначения и специального, комплектных устройств и вспомогательных механизмов, магистральных, межванных и других токопроводов, КЛ и электропроводок (включая проводки вспомогательных цепей: систем управления, сигнализации, измерения, защиты), а также кранового и вентиляционного оборудования и газоочистных сооружений	7.10.3
Выпрямительный агрегат	Агрегат, работающий по принципу источника напряжения, состоит из преобразовательного трансформатора и полупроводниковых выпрямителей	7.10.4
Параметрический выпрямительный агрегат	Агрегат, работающий по принципу источника тока, основан на использовании резонансных схем и состоит из преобразовательного трансформатора с раздельными обмотками высшего напряжения, трех реакторов, трех конденсаторных батарей и полупроводниковых вентилей	7.10.4
Полупроводниковый выпрямитель	Комплект полупроводниковых вентилей, смонтированных на раме или в шкафу (на рамах или в шкафах) с системой воздушного или водяного охлаждения	7.10.4
Преобразовательная подстанция электролизных установок	Комплекс, состоящий из размещенных внутри помещения (или нескольких помещений, или внутри здания) выпрямительных агрегатов и требующихся для их работы оборудования, устройств, систем и др.; при этом вне здания могут быть расположены (когда это позволяют условия окружающей среды) на открытом пространстве или под навесом в исполнении для наружной установки преобразовательные трансформаторы, а также реакторы и конденсаторные батареи	7.10.4

Окончание табл.

Термин	Определение	Пункт ПУЭ
Электролизная ванна или электролизер	Специальное электротехнологическое оборудование, состоящее из системы положительных и отрицательных электродов, погруженных в наполненный электролитом сосуд (или помещенных в ячейки мембранного или диафрагменного типа, собранные в единый блок-аппарат), предназначенное для выполнения совокупности процессов электрохимического окисления-восстановления при прохождении через электролит электрического тока	7.10.5
Серия электролизных ванн (электролизеров)	Группа электрически последовательно соединенных электролизных ванн (электролизеров), присоединяемая к преобразовательной ПС (выпрямительному агрегату)	7.10.5
Зал электролиза	Производственное помещение, в котором размещены одиночные электролизные ванны (электролизеры), их серия, несколько серий или часть серии	7.10.6
Корпус, станция или цех электролиза	Производственное здание, в котором размещены зал или залы электролиза и помещения с оборудованием, необходимым для осуществления технологического процесса и выполнения требований техники безопасности и охраны труда	7.10.6
Гальванический цех (участок, отделение)	Помещение или часть помещения с установками гальванических покрытий и электротехническим и другим оборудованием, необходимым для выполнения электротехнологического процесса с учетом требований техники безопасности и охраны труда	7.10.7

Область применения

Вопрос. На какие электролизные установки распространяется настоящая глава Правил?

Ответ. Распространяется на расположенные внутри зданий производственные и опытно-промышленные установки электролиза водных растворов кислот, щелочей и солей с получением и без получения металлов, установки электролиза расплавленных солей, окислов и щелочей и установки гальванических покрытий изделий (деталей) черными и цветными металлами, в том числе редкими и драгоценными.

Общие требования

Вопрос. Какие схемы электроснабжения рекомендуется принимать для предприятий, имеющих электролизные установки с преобразовательными ПС большой установленной мощности выпрямительных агрегатов?

Ответ. Рекомендуется принимать схемы раздельного электроснабжения технологической нагрузки электролизного производства с электрическими нагрузками силового оборудования и электрического освещения всех основных и вспомогательных сооружений предприятия через отдельные понижающие трансформаторы, присоединяемые линиями электропередачи к РУ расположенных вблизи генерирующих источников или к электрическим сетям питающей энергосистемы напряжением 110–500 кВ по схеме «глубокого ввода», с минимальным числом ступеней трансформации и коммутации; класс напряжения определяется на основании технико-экономических расчетов в зависимости от мощности предприятия (7.10.9).

Вопрос. Какие электроприемники в электролизных установках следует отнести к электроприемникам I категории?

Ответ. Следует отнести серии электролизных ванн-электролизеров (7.10.11).

Вопрос. К каким помещениям в отношении опасности поражения людей электрическим током относятся помещения установок, цехов (станций, корпусов, отделений) электролиза и гальванических покрытий?

Ответ. Относятся к помещениям с повышенной опасностью (7.10.12).

Вопрос. Какие требования предъявляются к светильникам общего освещения («верхний свет» залов, корпусов) электролиза?

Ответ. Они могут получать питание от трансформатора общего назначения с вторичным напряжением 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью. При этом на первом этаже двухэтажных зданий и в одноэтажных зданиях металлические корпуса светильников, пускорегулирующих аппаратов, ответвительных коробок и т. п. элементов электропроводки должны быть изолированы от строительных конструкций здания. Металлические корпуса указанных светильников и аппаратов (элементов), расположенные на высоте более 3,5 м от площадки обслуживания электролизеров, не требуется изолировать от стальных конструкций (7.10.14).

Вопрос. Какое напряжение должны иметь переносные (ручные) электрические светильники, применяемые в залах (корпусах) электролиза и во вспомогательных цехах (мастерских)?

Ответ. Должны иметь напряжение не выше 50 В и присоединяться к электрической сети через безопасный разделительный трансформатор класса II (7.10.16).

Вопрос. Какие требования предъявляются к электроинструментам (электросверла, электробуры, электропылесосы и др.), используемым в залах (корпусах) электролиза?

Ответ. Должны иметь двойную изоляцию, их следует присоединять к питающей сети через разделительный трансформатор (7.10.17).

Вопрос. Какие требования предъявляются к электродвигателям, электронагревателям и другим электроприемникам переменного тока, корпуса которых имеют непосредственное соединение с изолированным от земли корпусом электролизера?

Ответ. Они, как правило, должны иметь напряжение не выше 50 В. Рекомендуется применение специальных электродвигателей на напряжение 50 В с усиленной изоляцией в исполнении, соответствующем условиям среды (7.10.18).

Вопрос. При каких условиях допускается применять электродвигатели на напряжение свыше 50 В до 380 В переменного тока?

Ответ. Допускается применять при соблюдении следующих условий: электродвигатели или группа электродвигателей, установленных не более чем на 15 электролизерах, присоединяются к сети общего назначения (к трансформатору общего назначения с изолированной нейтралью) через разделительный трансформатор (7.10.18).

Вопрос. При каких условиях допускается присоединять к питающей сети через один разделительный трансформатор, располагаемый вне помещения с электролизными ваннами, переносные электронагреватели мощностью до 120 кВт (устанавливаемые в электролизер во время разогрева)?

Ответ. Допускается, если суммарная протяженность распределительной сети вторичного напряжения не превышает 200 м и предусмотрено блокирование, исключающее одновременное включение нагревателей нескольких электролизеров (7.10.18).

Вопрос. Что должно применяться для электрического освещения в помещениях электролизных установок со взрывоопасными зонами?

Ответ. Как правило, должны применяться комплектные осветительные устройства со щелевыми световодами (КОУ). Источники света в этих устройствах помещаются в камеры, входящие в состав КОУ. Сочленение камер со световодами должно обеспечивать степень защиты световодов со стороны камер не ниже *IP*54 (7.10.20).

Вопрос. В каких местах рекомендуются к установке светильники общего назначения (помимо КОУ)?

Ответ. Рекомендуются светильники, устанавливаемые:

за неоткрывающимися окнами с двойным остеклением без фрамуг и форточек;

в специальных нишах с двойным остеклением в стене;

в специальных фонарях с двойным остеклением в потолочном перекрытии;

в остекленных коробах (7.10.20).

Вопрос. Какие конструкции должны иметь электрическую изоляцию от земли в залах (корпусах) электролиза (за исключением залов с электролизными установками для получения водорода методом электролиза воды)?

Ответ. Должны иметь:

внутренние поверхности стен на высоту до 3 м и колонны на высоту до 3,5 м от уровня рабочих площадок первого этажа в одноэтажных зданиях или второго этажа в двухэтажных зданиях;

металлические и железобетонные конструкции рабочих площадок, расположенные возле электролизеров;

перекрытия шинных каналов и полов возле электролизеров;

металлические крышки люков;

металлические части вентиляционных устройств, расположенные на полу и у стен корпуса;

металлические трубопроводы, кронштейны и другие металлические конструкции, расположенные в пределах помещения на высоте до 3,5 м от уровня пола;

подъемно-транспортные механизмы (7.10.24).

Вопрос. В каких случаях токопроводы электролизных установок, за исключением межванных, шунтирующих токопроводов и токоподводов (спусков) к торцевым ваннам, должны иметь ограждение?

Ответ. Должны иметь в следующих случаях:

при расположении горизонтальных участков токопроводов над проходами на высоте менее 2,5 м над уровнем пола или нахождении их в зоне движения кранов и цехового транспорта (не распространяется на установки электролиза алюминия);

при расстоянии менее 2,5 м между токопроводами, расположенными на высоте ниже 2,5 м над уровнем пола, и заземленными трубопроводами или заземленным оборудованием (не распространяется на установки электролиза алюминия);

при расположении токопроводов вблизи посадочных площадок мостовых кранов, если расстояние от них до этих площадок составляет менее 2,5 м (7.10.27).

Вопрос. Как должны быть размещены в залах (корпусах) электролиза бронированные кабели, металлические трубопроводы, защитные трубы, а также короба коммуникаций технологических, пароводоснабжения, вентиляции и др.?

Ответ. Должны быть размещены, как правило, на высоте не менее 3,5 м от уровня рабочих площадок (не менее 3,0 м – для залов электролиза водных растворов), изолированы от земли или ограждены, иметь электроизолирующие вставки на входе и выходе из зала (корпуса), а также в местах отводов к электролизерам и подсоединения к ним. Трос, на котором в зале (корпусе) электролиза крепятся провода или кабели, должен быть изолирован от строительных конструкций (7.10.30).

Вопрос. На каком расстоянии от неогражденных токопроводов или частей электролизеров должны располагаться электрические РУ напряжением до 1 кВ для силовой и осветительной сетей?

Ответ. Должны располагаться на расстоянии не менее 6 м (7.10.33).

Вопрос. Какие приборы должны предусматриваться для контроля за режимом работы серии ванн в помещениях корпусов, станций (цехов) электролиза или на преобразовательной ПС?

Ответ. Должны предусматриваться:

амперметр на каждую серию;

вольтметр на каждую серию и каждый корпус, если они питаются от сборных шин;

вольтметр на каждую ванну (или вольтметр с многопозиционным переключателем на группу ванн) в тех случаях, когда по рабочему напряжению на ваннах ведется технологический процесс;

устройства (приборы) контроля изоляции каждой системы шин выпрямленного тока или группы электролизеров, получающих питание или от контролируемой сети выпрямленного тока, или от сети переменного тока через индивидуальные или групповые разделительные трансформаторы;

счетчики вольт-часов или ампер-часов (в зависимости от технологических требований) на серию или группу ванн;

счетчик расхода электрической энергии, установленный на первичной стороне преобразовательного трансформатора выпрямительного агрегата (7.10.39).

Установки электролиза воды и водных растворов

Вопрос. Какие требования электробезопасности предъявляются к установкам электролиза воды и водных растворов?

Ответ. Средняя точка серии электролизеров не должна иметь глухого заземления. Допускается использование нейтрали серии для устройств контроля изоляции, не создающих в нормальном режиме глухой связи нейтрали с землей (7.10.40).

Вопрос. Какое расстояние должно быть между токоведущими частями в проходах между рядами электролизеров (не отгороженных один от другого)?

Ответ. Должно быть не менее 1,2 м при максимально возможном напряжении между ними до 65 В и не менее 1,5 м – при напряжении свыше 65 В. Проходы между продольным рядом ванн и стеной, между торцевыми ваннами и стеной должны быть шириной не менее 2,5 м. Допускается местное сужение до 1,5 м проходов между ваннами и колоннами здания и стойками эстакад, несущих токопроводы или материалопроводы, при условии обязательного покрытия колонн и стоек в проходе на высоту не менее 2,5 м от пола листовым электроизоляционным материалом, например пластиковыми листами на сварке. От токопроводов электролизеров и других токоведущих частей до заземленного технологического оборудования и арматуры светильников расстояние должно быть не менее 2,5 м (7.10.41).

Электролизные установки получения водорода (водородные станции)

Вопрос. Какой защитой должны быть оборудованы электролизеры водородных станций?

Ответ. Должны быть оборудованы следующей электрической защитой:

от однополюсных замыканий на землю, кроме электролизеров, у которых крайний электрод или корпус крайней ячейки по конструкции заземлен, например, через газоотделитель;

от межполюсных КЗ;

от обратных токов при применении двигателей-генераторов (на реконструируемых установках) (7.10.42).

Вопрос. Какое требование предъявляется к электролизерам водородных станций, работающих под напряжением свыше 250 В по отношению к земле?

Ответ. Должны иметь по периметру сетчатое ограждение (7.10.43).

Вопрос. Какие проходы должны предусматриваться между оборудованием?

Ответ. Должны предусматриваться следующие проходы:

основные – шириной не менее 1,5 м по фронту обслуживания машин (компрессоров, насосов и т. п.) и аппаратов, имеющих арматуру и КИП;

для малогабаритного оборудования (с шириной и высотой до 0,8 м) допускается уменьшать ширину прохода до 1 м;

для возможности обслуживания со всех сторон (если в этом есть необходимость) между оборудованием, а также между оборудованием и стенами помещений – шириной не менее 1 м;

для осмотра и периодической проверки и регулировки оборудования и приборов – шириной не менее 0,8 м (7.10.45).

Электролизные установки получения хлора

Вопрос. Что должно обеспечиваться в установках электролиза поваренной соли ртутным методом, мембранными и диафрагменными методами, а также при электролизе соляной кислоты?

Ответ. Должны обеспечиваться:

возможность аварийного ручного отключения питания электролизеров, а также из помещения пульта управления и машинистом хлорных компрессоров при их остановке;

автоматическое отключение электродвигателей хлорных и водородных компрессоров при всех методах электролиза, кроме электродвигателей хлорных компрессоров при ртутном методе электролиза, при внезапном отключении выпрямленного тока, питающего электролизеры (с выдержкой времени 2–3 с после отключения тока); автоматическое отключение (с выдержкой до 3 мин) электродвигателей хлорных компрессоров при ртутном методе электролиза с одновременным включением системы аварийного поглощения хлора;

автоматическое отключение системой блокировки с выдержкой 3–5 с выпрямителей, питающих электролизеры, для всех методов электролиза при внезапной остановке всех электродвигателей хлорных компрессоров, если в течение указанного периода не произойдет самозапуск, а также при остановке группы электродвигателей ртутных насосов (число электродвигателей в группе определяется в каждом конкретном случае) с одновременным включением системы аварийного поглощения хлора из системы и одновременной подачей сигнала в зал электролиза, помещение компрессора и щита КИПиА;

автоматическое отключение выпрямителя электролизной установки при повышении давления газа хлора во всасывающем коллекторе компрессора сверх установленного предела;

сигнализация в зал электролиза, в помещение щита КИПиА и на преобразовательную ПС при внезапном отключении одного из нескольких работающих хлорных компрессоров;

сигнализация в зал электролиза и помещение щита КИПиА при остановке электродвигателей ртутного насоса или прекращении циркуляции ртути в электролизерах с ртутным катодом (7.10.46).

Вопрос. Какая сеть местного освещения должна предусматриваться в основных производственных помещениях?

Ответ. Должна предусматриваться стационарная сеть местного освещения 50 В, питаемая от сети общего освещения через разделительный трансформатор (7.10.47).

Установки электролиза магния

Вопрос. Какие элементы должны иметь электрическую изоляцию?

Ответ. Должны иметь следующие элементы:

оболочки электролизеров и трубопроводов катодного и анодного отсосов – от земли и строительных конструкций;

полы корпуса, полы и колонны подвала, а также рабочие площадки, другие железобетонные или металлические строительные конструкции – от земли;

части трубопровода сжатого воздуха и вакуума – от земли, один от другого и от электролизеров;

кабели и аппаратура – от каркаса, на котором установлены трансформаторы;

рабочие площадки у электролизеров (помимо упомянутой выше электрической изоляции от земли) должны быть покрыты диэлектрическим листовым материалом (7.10.48).

Вопрос. Какой ширины должны быть проезды в залах электролиза?

Ответ. Должны быть шириной:

при наличии двух проездов со стороны продольных стен – не менее 4,5 м;

при наличии одного проезда между продольными рядами электролизеров – не менее 5,5 м.

В обоих случаях должен обеспечиваться свободный проход шириной не менее 1 м между транспортным средством и стеной корпуса или установленным оборудованием (7.10.50).

Проход между продольным рядом электролизеров и стеной при наличии одного проезда должен быть шириной не менее 2 м (7.10.51).

Между токопроводами двух рядов электролизеров расстояние должно быть не менее 4 м (7.10.52).

Установки электролиза алюминия

Вопрос. Какие конструкции в корпусах установки электролиза должны иметь электрическую изоляцию?

Ответ. Должны иметь металлические перекрытия поперечных каналов токопроводов, а на участках между смежными электролизерами эти перекрытия должны иметь электроизолирующие вставки.

Металлические перекрытия продольных проемов и каналов токопроводов должны иметь электрическую изоляцию от этих проемов и каналов, а на участках между смежными электролизерами должны иметь электроизолирующие вставки (7.10.54).

Вопрос. Какие элементы электролизеров с боковым токоподводом и с самообжигающимся анодом должны иметь электрическую изоляцию?

Ответ. Должны иметь:

катодный кожух – от фундамента или от опорных строительных конструкций;

металлоконструкции электролизеров – от анода и от катодного кожуха;

шторные укрытия – от катодного кожуха;

анодные пакеты шин – от металлоконструкций;

крюки для временной подвески анода – от металлоконструкций, или же должен быть узел электрической изоляции непосредственно на переносных тягах для временной подвески анода при перетяжке анодной рамы (7.10.66).

Вопрос. Что должно быть изолировано у электролизеров с обожженными анодами?

Ответ. Должны быть изолированы:

катодный кожух – от фундамента или опорных строительных конструкций;

металлоконструкции, установленные на специальных опорах, – от этих опор, опоры – от земли (опоры должны быть электрически соединены с катодным кожухом);

металлоконструкции анодной части – от катодного кожуха;

домкраты механизма подъема анодов и анодного токоподвода – от анодной рамы;

укрытия – от катодного кожуха (7.10.67).

Вопрос. Какие элементы электролизеров с верхним токоподводом и с самообжигающимся анодом должны иметь электрическую изоляцию?

Ответ. Должны иметь:

катодный кожух – от фундамента или опорных строительных конструкций;

домкраты основного механизма подъема – от специальных опор (при установке на специальные опоры), специальные опоры – от земли (опоры должны быть электрически соединены с катодным кожухом);

домкраты вспомогательного механизма подъема анода – от анодного кожуха (7.10.68).

Вопрос. Что должно быть изолировано у напольной рельсовой машины?

Ответ. Должны быть изолированы:

ходовые колеса – от металлоконструкций;

привод ходовых колес – от металлоконструкций;

механизм продавливания корки электролита – от металлоконструкций;

соединительное устройство аэрожелоба или монжусных труб – от металлоконструкций машины и соприкасающихся с ними элементов корпуса электролизера;

аэрожелоб и монжусные трубы – от металлоконструкций;

трубопроводы – от металлоконструкций в месте перехода их в исполнительный орган механизма продавливания корки электролита;

стыковочное устройство машины – от металлоконструкций корпуса; число ступеней изоляции должно быть не менее трех;

выдвижной конвейер для загрузки машины анодной массой – от металлоконструкций корпуса; число ступеней изоляции должно быть не менее трех (7.10.70).

Вопрос. Чем должна обеспечиваться электробезопасность при ремонтах электролизеров?

Ответ. Должна обеспечиваться системой аварийной сигнализации, срабатывающей при потенциале электролизера по отношению к земле свыше 50 В при замыкании на землю главных цепей выпрямленного тока на других участках серии (7.10.72).

Подкрановые пути в корпусах электролизера алюминия должны быть заземлены. Сопротивление заземляющих устройств не должно превышать 4 Ом (7.10.71).

Вопрос. Каковы требования Правил в части электробезопасности при изолированной нейтрали в корпусах электролиза?

Ответ. Отключение при первом замыкании в электроустановках до 1 кВ в соответствии с требованиями технологии недопустимо. Для таких электроустановок должен быть предусмотрен контроль изоляции с действием на сигнал. Световой сигнал должен указывать магистраль, на которой произошло снижение изоляции (7.10.73).

Вопрос. Какую электроизоляцию должны иметь металлические трубопроводы, проложенные вдоль корпусов электролиза на высоте менее 3,5 м?

Ответ. Должны иметь электроизоляционные вставки через каждые 4 электролизера, а расположенные вертикально или поперек электролизных серий – через каждые 3 м (7.10.78).

Установки электролитического рафинирования алюминия

Вопрос. Какие расстояния должны быть между торцами соседних в ряду электролизеров?

Ответ. Должны быть не менее 1 м, а между выступающими частями – не менее 0,6 м. Если между торцами соседних в ряду электролизеров не предусматривается нахождение людей, расстояние между торцами может быть сокращено до пределов, допускаемых конструкцией электролизеров (7.10.79).

Вопрос. Какие элементы у электролизеров должны иметь электрическую изоляцию?

Ответ. Должны иметь:

оболочка – от земли, строительных конструкций, анодных блюмов и металлических конструкций электролизера;

пакет анодных шин – от домкратов подъемного механизма анода (7.10.80).

Электролизные установки ферросплавного производства

Вопрос. Какое требование электробезопасности предъявляется к сборным бакам для электролита и вентиляционных воздуховодов электролизных установок ферросплавного производства, выполненным из металла?

Ответ. Должны быть заземлены (7.10.81).

Электролизные установки никель-кобальтового производства

Вопрос. Каковы требования Правил к электролизным ваннам никель-кобальтового производства?

Ответ. Должны быть укрыты и снабжены местными отсосами. Для загрузки и выгрузки ванны без перерыва тока в серии следует предусматривать шунтирующее ванну устройство, установка и снятие которого должны быть механизированы (7.10.82).

Установки электролиза меди

Вопрос. Какие токопроводы рекомендуется применять в залах электролиза?

Ответ. Рекомендуется применять медные шины. Рекомендуемая плотность тока шин – 1 А/мм^2. Алюминиевые шины применяются в обоснованных случаях. Рекомендуемая плотность тока – 0,7 А/мм^2 (7.10.83).

Установки гальванических покрытий

Вопрос. Каковы требования к корпусам ванн установок гальванических покрытий в гальванических цехах (участках), питающихся по блочной схеме (выпрямитель–ванна), при номинальном напряжении выпрямленного тока выше 110 В?

Ответ. Должны быть заземлены, а токоведущие части недоступны для прикосновения. Корпуса установленных на ваннах электроприемников переменного тока при их номинальном напряжении выше 50 В должны быть заземлены (7.10.84).

Вопрос. Как должны устанавливаться все ванны в автоматических линиях гальванических покрытий?

Ответ. Должны устанавливаться на изоляторах для защиты ванн от потенциала, возникающего при блуждающих токах (7.10.85).

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АВР – Автоматическое включение резерва

АГП – Автомат гашения поля

АЛАР – Автоматическая ликвидация асинхронного режима

АОПН – Автоматическое ограничение повышения напряжения

АОПЧ – Автоматическое ограничение повышения частоты

АОСН – Автоматическое ограничение снижения напряжения

АОСЧ – Автоматическое ограничение снижения частоты

АПНУ – Автоматическое предотвращение нарушения устойчивости

АПВ – Автоматическое повторное включение

АРВ – Автоматический регулятор возбуждения

АРО – Автоматическая разгрузка оборудования (ограничение перегрузки)

АРЧМ – Автоматическое регулирование частоты и активной мощности

АСДУ – Автоматизированная система диспетчерского управления

АСКУЭ – Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии

АСУ ТП – Автоматизированная система управления технологическим процессом

АТС – Автоматическая телефонная станция

АЧР – Автоматическая частотная разгрузка

АЭС – Атомная электростанция

БСВ – Система бесщеточного возбуждения

ВЛ – Воздушная линия электропередачи

ВЛЗ – Воздушная линия электропередачи с проводами с защитной изолирующей оболочкой (защищенными проводами)

ВЛИ – Воздушная линия электропередачи с изолированными проводами

ВОЛС-ВЛ – Волоконно-оптическая линия связи на воздушных линиях электропередачи

ВРУ – Вводно-распределительное устройство

ВУ – Вводное устройство

ВЧ – Высокочастотный

ГОСТ – Государственный стандарт

ГРЩ – Главный распределительный щит

ГЭС – Гидравлическая электростанция

ЕЭС – Единая энергетическая система

ЗРУ – Закрытое распределительное устройство

ИП – Искровой промежуток

КЗ – Короткое замыкание

КИПиА – Контрольно-измерительные приборы и автоматика

КЛ – Кабельная линия электропередачи

КОУ – Комплектное осветительное устройство со щелевыми световодами

КСЗ – Карта степеней загрязнения

КСО – Комплектная сборная ячейка (камера сборная) одностороннего обслуживания

КРУ – Комплектное распределительное устройство

КРУН – Комплектное распределительное устройство наружной установки

КРУЭ – Комплектное распределительное устройство элегазовое

КТП – Комплектная трансформаторная подстанция

ЛВЖ – Легковоспламеняющаяся жидкость

ЛПВ – Линия проводного вещания

ЛС – Линия связи (Министерства связи РФ и других ведомств, а также линия сигнализации Министерства путей сообщения РФ)

МТП – Мачтовая трансформаторная подстанция

НКУ – Низковольтное комплектное устройство

ОАПВ – Однофазное автоматическое повторное включение

ОК – Волоконно-оптический кабель связи

ОКГТ – Волоконно-оптический кабель связи, встроенный в грозозащитный трос

ОКНН – Волоконно-оптический кабель связи неметаллический, прикрепляемый или навиваемый на грозозащитный трос или фазный провод

ОКСН – Волоконно-оптический кабель связи самонесущий неметаллический

ОКФП – Волоконно-оптический кабель связи, встроенный в фазный провод

ОМП – Определение мест повреждения

ОПН – Ограничитель перенапряжения нелинейный

ОПЧ – Открытая проводящая часть (электроустановки)

ОРУ – Открытое распределительное устройство

ОЭС – Объединенная энергетическая система

ПА – Противоаварийная автоматика

ПС – Подстанция электрическая

ПУЭ – Правила устройства электроустановок

РЗ – Релейная защита

РЗиА – Релейная защита и автоматика

РВ – Разрядник вентильный

РПН – Регулирование под нагрузкой

РТ – Разрядник трубчатый

РУ – Распределительное устройство

СЗ – Степень загрязнения

СИП – Самонесущий изолированный провод

СН – Собственные нужды (электростанции, подстанции)

СНН – Сверхнизкое (малое) напряжение

ССБТ – Система стандартов безопасности труда

ССП – Сетевой секционирующий пункт

СТК – Статический тиристорный компенсатор

СТН – Система независимого тиристорного возбуждения

СТП – Столбовая трансформаторная подстанция

СТС – Система тиристорного самовозбуждения

ТАПВ – Трехфазное автоматическое повторное включение

ТН – Трансформатор напряжения

ТОУ – Технологический объект управления

ТП – Трансформаторная подстанция

ТРГ – Тиристорно-реакторная группа

ТТ – Трансформатор тока

ТЭС – Тепловая электростанция

УЗО – Устройство защитного отключения

УРОВ – Устройство резервирования при отказе выключателя

ФКУ – Фильтрокомпенсирующее устройство

ЦЩУ – Центральный щит управления

ШР – Шунтирующий реактор

ЭМП – Электромашинное помещение

ЭМС – Электромагнитная совместимость

ЭТУ – Электротермическая установка

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

Раздел 1. **ОБЩИЕ ПРАВИЛА** 5

Термины и определения 7

Глава 1.1. **Общая часть** 18
Область применения 18
Общие указания по устройству электроустановок 18

Глава 1.2. **Электроснабжение и электрические сети** 22
Область применения 22
Общие требования 22
Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения 23
Уровни и регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности 24

Глава 1.3. **Выбор электрических аппаратов и проводников** 25
Область применения, общие требования 25
Выбор электрических аппаратов по условиям продолжительности режимов и сечений проводников по нагреву в этих режимах 25
Продолжительно допустимые токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией 28
Продолжительно допустимые токи для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией 29
Продолжительно допустимые токи для неизолированных проводов и шин 30
Выбор сечения проводников по плотности тока 30
Проверка проводников по условиям короны и радиопомех 31

Глава 1.4. **Проверка электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания** 32
Область применения 32
Общие требования 32

Расчет токов короткого замыкания для проверки электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания 35
Проверка электрических аппаратов, изоляторов, проводников и несущих конструкций на электродинамическую стойкость при коротких замыканиях 36
Проверка электрических аппаратов и проводников на термическую стойкость при коротких замыканиях 37
Проверка электрических аппаратов на коммутационную способность при коротких замыканиях 38
Проверка кабелей на невозгораемость при коротких замыканиях 39

Глава 1.5. **Учет электроэнергии** 40
Общие требования 40
Организация коммерческого (расчетного) учета электроэнергии 40
Организация технического учета электроэнергии 42
Требования к счетчикам электроэнергии 42
Учет электроэнергии с применением измерительных трансформаторов 44
Установка счетчиков и электропроводка к ним 45
Автоматизация контроля и учета электроэнергии 46

Глава 1.6. **Измерения электрических величин** 47
Область применения, общие требования 47
Измерения тока 48
Измерения напряжения 49
Измерения мощности 49
Измерения частоты 50
Измерения при синхронизации 51
Контроль изоляции 51
Регистрация электрических величин в аварийных режимах 51

Глава 1.7. **Заземление и защитные меры электробезопасности** 53
Область применения 53
Общие требования 54
Меры защиты от прямого прикосновения 57
Меры защиты от прямого и косвенного прикосновений 58
Меры защиты при косвенном прикосновении 59
Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью 64

Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью ... 67
Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью ... 68
Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью ... 69
Заземляющие устройства электроустановок в районах с большим удельным сопротивлением земли ... 69
Заземлители ... 70
Заземляющие проводники ... 71
Главная заземляющая шина ... 72
Защитные проводники (*PE*-проводники) ... 72
Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники (*PEN*-проводники) ... 74
Проводники системы уравнивания потенциалов ... 75
Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов ... 76
Переносные электроприемники ... 77
Передвижные электроустановки ... 78
Электроустановки помещений для содержания животных ... 81

Глава 1.8. **Нормы приемосдаточных испытаний** ... 83
Общие положения ... 83
Синхронные генераторы и компенсаторы ... 83
Машины постоянного тока ... 86
Электродвигатели переменного тока ... 86
Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы и заземляющие дугогасящие реакторы (дугогасящие катушки) ... 86
Измерительные трансформаторы тока ... 87
Измерительные трансформаторы напряжения ... 87
Масляные выключатели ... 88
Воздушные выключатели ... 88
Элегазовые выключатели ... 89
Вакуумные выключатели ... 89
Выключатели нагрузки ... 89
Разъединители, отделители и короткозамыкатели ... 90
Комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки ... 90

Комплектные токопроводы (шинопроводы) ... 90
Сборные и соединительные шины ... 91
Сухие токоограничивающие реакторы ... 91
Электрофильтры ... 91
Конденсаторы ... 91
Вентильные разрядники и ограничители перенапряжений ... 92
Трубчатые разрядники ... 92
Предохранители, предохранители-разъединители напряжением выше 1 кВ ... 92
Вводы и проходные изоляторы ... 92
Подвесные и опорные изоляторы ... 93
Трансформаторное масло ... 93
Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1 кВ ... 93
Аккумуляторные батареи ... 93
Заземляющие устройства ... 94
Силовые кабельные линии ... 94
Воздушные линии электропередачи ... 94

Глава 1.9. **Изоляция электроустановок** ... 95
Область применения ... 95
Общие требования ... 95
Изоляция ВЛ ... 95
Внешняя стеклянная и фарфоровая изоляция электрооборудования и ОРУ ... 96
Выбор изоляторов по разрядным характеристикам ... 97
Определение степени загрязнения ... 97
Коэффициент использования основных типов изоляторов и изоляционных конструкций (стеклянных и фарфоровых) ... 98

Раздел 2. **ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ** ... 99

Термины и определения ... 101

Глава 2.1. **Электропроводки** ... 109
Область применения ... 109
Общие указания ... 109
Выбор вида электропроводки. Выбор кабелей и проводов и способа их прокладки ... 111
Открытые электропроводки внутри зданий и сооружений ... 112

Скрытые электропроводки внутри зданий и сооружений 113
Электропроводки в чердаках 113
Наружные электропроводки 114

Глава 2.2. **Токопроводы напряжением до 35 кВ** 116
Область применения 116
Общие требования 116
Токопроводы напряжением до 1 кВ переменного и до 1,5 кВ постоянного тока 117
Токопроводы напряжением выше 1 кВ переменного тока 118

Глава 2.3. **Кабельные линии напряжением до 500 кВ** 121
Область применения 121
Общие указания 121
Выбор видов прокладки 122
Выбор кабелей 124
Подпитывающие устройства и сигнализация давления масла кабельных маслонаполненных линий 126
Соединения и оконцевания кабелей 126
Заземление 127
Специальные указания к кабельному хозяйству электростанций, подстанций и распределительных устройств 128
Прокладка кабелей в земле 129
Прокладка кабелей в кабельных блоках, трубах и железобетонных лотках 131
Прокладка кабелей в кабельных сооружениях 132
Прокладка кабелей в производственных помещениях 136
Подводная прокладка кабелей 137
Прокладка кабелей по специальным конструкциям 138
Прокладка кабелей в сейсмически активных районах 138
Прокладка кабельных линий на опорах 139

Глава 2.4. **Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ** 140
Область применения 140
Общие требования 140
Провода. Линейная арматура 141
Расположение проводов на опорах 142
Изоляция 142
Заземление. Защита от перенапряжений 143

Опоры 144
Габариты, пересечения и сближения 145
Пересечения, сближения, совместная подвеска ВЛ с линиями связи, проводного вещания и с волоконно-оптическими кабелями 147
Пересечения и сближения ВЛ с инженерными сооружениями 151

Глава 2.5. **Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ** 153
Область применения 153
Общие требования 154
Требования к проектированию ВЛ, учитывающие особенности их ремонта и технического обслуживания 155
Защита ВЛ от воздействия окружающей среды 156
Климатические условия и нагрузки 157
Провода и грозозащитные тросы 158
Расположение проводов и тросов и расстояния между ними 160
Изоляторы и арматура 161
Защита от перенапряжений, заземление 161
Опоры и фундаменты 164
Большие переходы 168
Подвеска волоконно-оптических линий связи на ВЛ 171
Прохождение ВЛ по ненаселенной труднодоступной местности 172
Прохождение ВЛ по насаждениям 173
Прохождение ВЛ по населенной местности 173
Пересечение и сближение ВЛ между собой 175
Пересечение и сближение ВЛ с сооружениями связи, сигнализации и проводного вещания 177
Пересечение и сближение ВЛ с железными дорогами 180
Пересечение и сближение ВЛ с автомобильными дорогами 181
Пересечение, сближение или параллельное следование ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями 182
Пересечение ВЛ с водными пространствами 182
Прохождение ВЛ по мостам 183
Прохождение ВЛ по плотинам и дамбам 184
Сближение ВЛ со взрыво- и пожароопасными установками 184
Пересечение и сближение ВЛ с надземными и наземными трубопроводами, сооружениями транспорта нефти и газа и канатными дорогами 185

Пересечение и сближение ВЛ с подземными трубопроводами 186
Сближение ВЛ с аэродромами и вертодромами 187

Раздел 3. **ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА** 189

Глава 3.1. **Защита в электрических цепях напряжением до 1 кВ** 191
Область применения. Определения 191
Выбор аппаратов защиты 191
Места установки аппаратов защиты 194

Глава 3.2. **Релейная защита** 196
Область применения 196
Общие указания 196
Защита генераторов, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения 206
Защита трансформаторов (автотрансформаторов) с обмоткой высшего напряжения 3 кВ и выше, шунтирующих реакторов 110–750 кВ и компенсационных реакторов 211
Защита блоков генератор-трансформатор 218
Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 6–10 кВ 224
Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 20 и 35 кВ 226
Защита линий в сетях напряжением 110–750 кВ 228
Защита шин и ошиновок. Защита на обходном, шиносоединительном и секционном выключателях 232
Защита синхронных компенсаторов 234
Электромагнитная совместимость (ЭМС) устройств релейной защиты 235

Глава 3.3. **Автоматика** 237
Область применения. Общие указания 237
Автоматическое повторное включение (АПВ) 238
Автоматическое включение резервного питания и оборудования (АВР) 245
Включение генераторов 247
Автоматическое регулирование возбуждения, напряжения и реактивной мощности 249
Автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности (АРЧМ) 253

Автоматическое предотвращение нарушения устойчивости (АПНУ) 256
Автоматическая ликвидация асинхронного режима (АЛАР) 259
Автоматическое ограничение снижения частоты (АОСЧ) 260
Автоматическое ограничение повышения частоты (АОПЧ) 263
Автоматическое ограничение снижения напряжения (АОСН) 264
Автоматическое ограничение повышения напряжения (АОПН) 264
Автоматическая разгрузка оборудования (АРО) 265

Глава 3.4. **Вторичные цепи** 266

Глава 3.5. **Автоматизированное управление** 273
Термины и определения 273
Область применения 274
Организация управления электроустановками 274
Управление объектами с постоянным дежурным оперативным персоналом 276
Системы управления электроустановками на электростанциях 279
Системы управления подстанциями с постоянным дежурным оперативным персоналом 281
Системы оперативно-диспетчерского управления электрическими сетями и энергосистемами 282

Глава 3.6. **Связь** 284
Термины и определения 284
Область применения 285
Общие указания 285
Высокочастотные каналы по проводам и грозозащитным трассам ВЛ. Общие указания 286
Устройства присоединения 288
Заградитель 288
Каналы для передачи сигналов РЗ и ПА 288
Волоконно-оптические линии связи, сооружаемые на ВЛ 290
Места установки устройств связи 290
Электропитание устройств связи и телемеханики 290
Обеспечение электромагнитной совместимости устройств связи и телемеханики 291

Глава 3.7. **Телемеханика** 293
Термины и определения 293
Область применения 293
Общие указания 294

Раздел 4. **РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ** ... 297

Глава 4.1. **Распределительные устройства напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока** ... 299
Область применения ... 299
Общие требования ... 299
Установка приборов и аппаратов ... 299
Шины, провода, кабели ... 300
Конструкция распределительных устройств ... 301
Установка распределительных устройств в электропомещениях ... 301
Установка распределительных устройств в производственных помещениях ... 302
Установка распределительных устройств на открытом воздухе ... 303

Глава 4.2. **Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1 кВ** ... 304
Область применения, определения ... 304
Общие требования ... 306
Открытые распределительные устройства ... 310
Биологическая защита от воздействия электрических и магнитных полей ... 313
Закрытые распределительные устройства и подстанции ... 314
Внутрицеховые распределительные устройства и трансформаторные подстанции ... 319
Комплектные, столбовые мачтовые трансформаторные подстанции и сетевые секционирующие пункты ... 320
Защита от грозовых перенапряжений ... 321
Защита вращающихся электрических машин от грозовых перенапряжений ... 328
Защита от внутренних перенапряжений ... 332
Пневматическое хозяйство ... 333
Масляное хозяйство ... 336
Установка силовых трансформаторов и реакторов ... 337

Глава 4.3. **Преобразовательные подстанции и установки** ... 342
Область применения. Определения ... 342
Общие требования ... 342
Защита преобразовательных агрегатов ... 343
Размещение оборудования, защитные мероприятия ... 344
Охлаждение преобразователей ... 345
Отопление, вентиляция и водоснабжение ... 345
Строительная часть ... 346

Раздел 5. **ЭЛЕКТРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ** ... 347

Глава 5.1. **Электромашинные помещения** ... 349
Область применения ... 349
Общие требования ... 349
Размещение и установка электрооборудования ... 350
Устройство электромашинных помещений ... 352
Смазка подшипников электрических машин ... 355

Глава 5.2. **Генераторы и синхронные компенсаторы** ... 356
Область применения ... 356
Общие требования ... 356
Охлаждение и смазка ... 357
Системы возбуждения ... 362
Размещение и установка генераторов, синхронных компенсаторов и их вспомогательного оборудования ... 365

Глава 5.3. **Электродвигатели и их коммутационные аппараты** ... 366
Область применения ... 366
Общие требования ... 366
Выбор электродвигателей ... 366
Установка электродвигателей ... 368
Коммутационные аппараты ... 369
Защита асинхронных и синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ ... 371
Защита электродвигателей напряжением до 1 кВ ... 376

Глава 5.4. **Регулируемый электропривод переменного тока** ... 378
Термины и определения ... 378
Область применения ... 380
Общие требования ... 380
Выбор электроприводов и входящих в них основных элементов ... 383
Размещение электрооборудования ... 384
Вентиляция, отопление, водоснабжение ... 384
Обеспечение безопасности, защитные мероприятия ... 384
Учет электроэнергии ... 385

Глава 5.5. **Аккумуляторные установки** ... 386
Область применения, определения ... 386
Электрическая часть ... 386
Строительная часть ... 388
Санитарно-техническая часть ... 390

Глава 5.6. **Статические компенсирующие устройства** ... 392
Термины и определения ... 392
Область применения ... 393
Общие требования ... 394
Шунтирующие реакторы (ШР) ... 394
Реакторные группы, коммутируемые выключателями ... 395
Тиристорно-реакторные группы (ТРГ) ... 395
Конденсаторные установки ... 396
Фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) ... 398
Статические тиристорные компенсаторы (СТК) ... 398
Защита, автоматика и измерения ... 399

Раздел 6. **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ** ... 401

Глава 6.1. **Общая часть** ... 403
Термины и определения ... 403
Область применения ... 404
Общие требования ... 404
Аварийное освещение ... 406
Выполнение и защита осветительных сетей ... 407
Защитные меры безопасности ... 408

Глава 6.2. **Внутреннее освещение** ... 410
Общие требования ... 410
Питающая осветительная сеть ... 410
Групповая сеть ... 411

Глава 6.3. **Наружное освещение** ... 413
Источники света, установка осветительных приборов и опор ... 413
Питание установок наружного освещения ... 415
Выполнение и защита сетей наружного освещения ... 416

Глава 6.4. **Световая реклама, знаки и иллюминация** ... 418

Глава 6.5. **Управление освещением** ... 420
Общие требования ... 420
Управление внутренним освещением ... 421
Управление наружным освещением ... 421

Глава 6.6. **Осветительные приборы и электроустановочные устройства** ... 423
Осветительные приборы ... 423
Электроустановочные устройства ... 425

Раздел 7. **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТАНОВОК** ... 427

Глава 7.1. **Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий** ... 429
Термины и определения ... 429
Область применения ... 430
Общие требования. Электроснабжение ... 430
Вводные устройства, распределительные щиты, распределительные пункты, групповые щитки ... 431
Электропроводки и кабельные линии ... 432
Внутреннее электрооборудование ... 434
Учет электроэнергии ... 436
Защитные меры безопасности ... 436

Глава 7.2. **Электроустановки зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений** ... 440
Термины и определения ... 440
Область применения ... 440
Общие требования. Электроснабжение ... 441
Электрическое освещение ... 443
Силовое электрооборудование ... 444
Прокладка кабелей и проводов ... 445
Защитные меры безопасности ... 446

Глава 7.3. **Электроустановки во взрывоопасных зонах** ... 447
Термины и определения ... 447
Область применения ... 449
Классификация взрывоопасных смесей по ГОСТ 12.1.011–78 ... 449
Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ГОСТ 12.2.020–76 ... 450

Классификация взрывоопасных зон ... 451
Выбор электрооборудования для взрывоопасных зон. Общие требования ... 453
Электрические машины ... 454
Электрические аппараты и приводы ... 454
Электрические грузоподъемные машины ... 455
Электрические светильники ... 455
Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции ... 456
Электропроводки, токопроводы и кабельные линии ... 457
Зануление и заземление ... 459
Молниезащита и защита от статического электричества ... 460

Глава 7.4. **Электроустановки в пожароопасных зонах** ... 461
Область применения ... 461
Определения. Общие требования ... 461
Электрические машины ... 462
Электрические аппараты и приборы ... 462
Электрические грузоподъемные машины ... 463
Распределительные устройства, трансформаторные и распределительные подстанции ... 463
Электрические светильники ... 464
Электропроводки, токопроводы, воздушные и кабельные линии ... 464

Глава 7.5. **Электротермические установки** ... 466
Область применения ... 466
Определения ... 466
Общие требования ... 467
Установки дуговых печей прямого, косвенного и комбинированного действия (руднотермические и ферросплавные) ... 471
Установки индукционного и диэлектрического нагрева ... 471
Установки печей сопротивления прямого и косвенного действия ... 472
Электронно-лучевые установки ... 473
Ионные и лазерные установки ... 473

Глава 7.6. **Электросварочные установки** ... 474
Термины и определения ... 474
Область применения ... 475
Общие требования ... 475
Требования к помещениям для сварочных установок и сварочных постов ... 477
Установки электрической сварки (резки, наплавки) плавлением ... 477
Установки электрической сварки с применением давления ... 479

Глава 7.7. **Торфяные электроустановки** ... 480
Область применения, определения ... 480
Электроснабжение ... 480
Защита ... 480
Подстанции ... 481
Воздушные линии электропередачи ... 481
Кабельные линии ... 482
Электродвигатели, коммутационные аппараты ... 482
Заземление ... 482

Глава 7.10. **Электролизные установки и установки гальванических покрытий** ... 483
Термины и определения. Состав установок ... 483
Область применения ... 484
Общие требования ... 484
Установки электролиза воды и водных растворов ... 488
Электролизные установки получения водорода (водородные станции) ... 488
Электролизные установки получения хлора ... 489
Установки электролиза магния ... 490
Установки электролиза алюминия ... 490
Установки электролитического рафинирования алюминия ... 492
Электролизные установки ферросплавного производства ... 492
Электролизные установки никель-кобальтового производства ... 492
Установки электролиза меди ... 493
Установки гальванических покрытий ... 493

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ ... 494

Нормативно производственное издание

ПРАВИЛА

УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ

ПОСОБИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ К ПРОВЕРКЕ ЗНАНИЙ

Автор-составитель В. В. Красник

Редактор *А. М. Меламед*
Художественный редактор *А. Н. Корниенко*
Технический редактор *Н. В. Савостьянова*
Компьютерная верстка *С. П. Моргун*
Корректор *М. В. Пржевская*

Подписано в печать 20.07.2009. Формат $60\times90^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон.
Усл. печ. л. 32,0. Уч.-изд. л. 32,2.
Тираж 2000 экз. Изд. № 845. Заказ № 1895.

ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС».
115114, Москва, Дербеневская наб., д. 11.
Тел. (495) 913-66-30.
E-mail: sekr@enas.ru http://www.enas.ru

Отдел реализации издательства «ЭНАС».
115114, Москва, Дербеневская наб., д. 11.
Тел. (495) 913-66-20. E-mail: adres@enas.ru, inout@enas.ru

Фирменный магазин «Специалист».
115201, Москва, Каширский проезд, д. 9, стр. 1.
Тел. (499) 619-48-09. E-mail: magazin@enas.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ОАО «Ордена Октябрьской Революции,
Ордена Трудового Красного Знамени
«Первая Образцовая типография».
115054, Москва, ул. Валовая, д. 28.