

**ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**В ВОПРОСАХ
И ОТВЕТАХ**

пособие для изучения
и подготовки
к проверке знаний

Валентин Викторович Красник
Правила устройства электроустановок
в вопросах и ответах. Пособие для
изучения и подготовки к проверке знаний

Издательский текст

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=183567

Правила устройства электроустановок в вопросах и ответах. Пособие для изучения и подготовки к проверке знаний: ЭНАС; М.; 2012

ISBN 978-5-4248-0011-5

Аннотация

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.

Содержание

Введение	7
Раздел 1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА	9
Термины и определения	9
Глава 1.1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ	19
Область применения	19
Общие указания по устройству электроустановок	19
Глава 1.2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ	23
Область применения	23
Общие требования	23
Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения	23
Уровни и регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности	25
Глава 1.3. ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ	26
Область применения, общие требования	26
Выбор электрических аппаратов по условиям продолжительности режимов и сечений проводников по нагреву в этих режимах	26
Продолжительно допустимые токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией	29
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	31
Проверка проводников по условиям короны и радиопомех	32
Глава 1.4. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ	33
Область применения	33
Общие требования	33
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	39

Проверка кабелей на невозгораемость при коротких замыканиях	39
Глава 1.5. УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	41
Общие требования	41
Организация коммерческого (расчетного) учета электроэнергии	41
Организация технического учета электроэнергии	43
Требования к счетчикам электроэнергии	43
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 ВЕЛИЧИЙ	47
Область применения, общие требования	47
Измерения тока	48
Измерения напряжения	48
Измерения мощности	49
Измерения частоты	50
Измерения при синхронизации	50
Контроль изоляции	50
Регистрация электрических величин в аварийных режимах	51
Глава 1.7. ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ	52
Область применения	52
Общие требования	53
Меры защиты от прямого прикосновения	55
Меры защиты от прямого и косвенного прикосновений	56
Меры защиты при косвенном прикосновении	57
Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью	61
Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью	64
Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью	64
Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью	65
Заземляющие устройства электроустановок в районах с большим удельным сопротивлением земли	66
Заземлители	67
Заземляющие проводники	68
Главная заземляющая шина	68
Защитные проводники (РЕ-проводники)	69
Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники (PEN-проводники)	70
Проводники системы уравнивания потенциалов	71
Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов	72

Переносные электроприемники	72
Передвижные электроустановки	73
Электроустановки помещений для содержания животных	76
Глава 1.8. НОРМЫ ПРИЕМОСДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ	78
Общие положения	78
Синхронные генераторы и компенсаторы	78
Машины постоянного тока	80
Электродвигатели переменного тока	81
Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы и заземляющие дугогасящие реакторы (дугогасящие катушки)	81
Измерительные трансформаторы тока	81
Измерительные трансформаторы напряжения	82
Масляные выключатели	82
Воздушные выключатели	83
Элегазовые выключатели	83
Вакуумные выключатели	83
Выключатели нагрузки	84
Разъединители, отделители и короткозамыкатели	84
Комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки	84
Комплектные токопроводы (шинопроводы)	84
Сборные и соединительные шины	85
Сухие токоограничивающие реакторы	85
Электрофильтры	85
Конденсаторы	85
Вентильные разрядники и ограничители перенапряжений	86
Трубчатые разрядники	86
Предохранители, предохранители-разъединители напряжением выше 1 кВ	86
Вводы и проходные изоляторы	86
Подвесные и опорные изоляторы	87
Трансформаторное масло	87
Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1 кВ	87
Аккумуляторные батареи	87
Заземляющие устройства	87
Силовые кабельные линии	88
Воздушные линии электропередачи	88
Глава 1.9. ИЗОЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК	89
Область применения	89
Общие требования	89
Изоляция ВЛ	89
Внешняя стеклянная и фарфоровая изоляция электрооборудования и ОРУ	90
Выбор изоляторов по разрядным характеристикам	90
Определение степени загрязнения	91

Коэффициент использования основных типов изоляторов и изоляционных конструкций (стеклянных и фарфоровых)	91
Раздел 2. ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	93
Термины и определения	93
Глава 2.1. Электропроводки	100
Область применения	100
Общие указания	100
Выбор вида электропроводки. Выбор кабелей и проводов и способа их прокладки	102
Открытые электропроводки внутри зданий и сооружений	103
Скрытые электропроводки внутри зданий и сооружений	103
Электропроводки в чердаках	104
Наружные электропроводки	104
Глава 2.2. ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ до 35 кВ	106
Область применения	106
Общие требования	106
Токопроводы напряжением до 1 кВ переменного и до 1,5 кВ постоянного тока	106
Токопроводы напряжением выше 1 кВ переменного тока	108
Глава 2.3. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ до 500 кВ	110
Область применения	110
Общие указания	110
Выбор видов прокладки	111
Выбор кабелей	112
Подпитывающие устройства и сигнализация давления масла кабельных маслонаполненных линий	113
Соединения и оконцевания кабелей	114
Заземление	115
Специальные указания к кабельному хозяйству электростанций, подстанций и распределительных устройств	115
Прокладка кабелей в земле	116
Прокладка кабелей в кабельных блоках, трубах и железобетонных лотках	118
Прокладка кабелей в кабельных сооружениях	119
Прокладка кабелей в производственных помещениях	122
Подводная прокладка кабелей	123
Прокладка кабелей по специальным конструкциям	124
Прокладка кабелей в сейсмически активных районах	124
Прокладка кабельных линий на опорах	124
Глава 2.4. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ до 1 кВ	126
Область применения	126
Общие требования	126
Провода. Линейная арматура	126
Конец ознакомительного фрагмента.	128

Правила устройства электроустановок в вопросах и ответах. Пособие для изучения и подготовки к проверке знаний (Составитель В. В. Красник)

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
Электропомещение	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.

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.

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
Электро-снабжение	Обеспечение потребителей электрической энергией	1.2.5

Продолжение табл.

Система электро-снабжения	Совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией	1.2.5
Централизованное электро-снабжение	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 (электро-приемник)	Аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии	1.2.7
Потребитель электрической энергии	Электроприемник или группа электро-приемников, 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.

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 отдельно 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.

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.

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.

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.

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 сверх низким 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.

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 грозových перенапряжений при обычных мерах по грозозащите	1.8.12 п.2
Электрооборудование с облегченной изоляцией	Электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, не подверженных действию грозových перенапряжений или оборудованных специальными устройствами грозозащиты, ограничивающими амплитудное значение грозových 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.

Удельная эффективная длина пути утечки (λ_s)	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 *РЕ* 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 зависящего кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики (РЗА) 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 производится 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 пластика 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
Нормальная 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 , мм², проводников электроустановок напряжением до 500 кВ?

Ответ. Определяется из соотношения

$$S = I / J_{\text{эkn}}$$

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

$J_{\text{эkn}}$ – рекомендуемое значение плотности тока, А/мм², 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:

$$k_n = \sqrt{n/m}$$

(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 коротко-

замкнутую 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 допускаются 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 состав-

ляющей) 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. Наибольшие 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 пластика	– 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, мм ² :	
менее 20	– 250
20 и более	– 200
алюминиевые неизолированные провода при тяжениях, Н/мм ² :	
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 $K3$) $I_{\text{тер.доп1}}$?

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

$$B_k \leq I_{\text{тер. доп}} \cdot l^*$$

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 счетчиком; 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 РЗА, 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 ВЕЛИЧИИ

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 маслососов и маслососов 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 отдельно, а также на линиях электропередачи при отсутствии сборных шин РУ подстанции (схемы «мостик», «блок линия-трансформатор», «четырёхугольник», «расширенный четырёхугольник» 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 $\pm 0,1$ 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 синхроскоп (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, длиной 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 выходов 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 сВЛИ женных, 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 глухо-заземленной 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:

$$R_a I_a \leq 50 \text{ В,}$$

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 то-коведущие 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 прикосновения 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 одновременно 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 одновременно 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 см^2 , 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:

$$50 \cdot Z_{\text{ц}} / U_0,$$

где $Z_{\text{ц}}$ – 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 щитком 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 равно 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 Р МЭК536	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 коротко-замыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать 6х6 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 выравнивания 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

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

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 с 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 с 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:

$$R \leq U_{\text{пр}} / I,$$

где R – сопротивление заземляющего устройства, Ом;

$U_{\text{пр}}$ – 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 0,002р раз, где р – 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

ливаться 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 проводниками;

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, мм ²	Наименьшее сечение защитных проводников, мм ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	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 (*PE*-проводник) в многофазных цепях в системе *TN* для стационарно проложенных кабелей, жилы которых имеют площадь поперечного сечения не менее 10 мм^2 по меди или 16 мм^2 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 мм^2 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 мм^2 , алюминиевых – 16 мм^2 , стальных – 50 мм^2 (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 опресованных 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 системам 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 защищены 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:

$$R_3 \leq 25 / I_3,$$

где R_3 – сопротивление заземляющего устройства передвижной электроустановки, Ом;
 I_3 – 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 сторон-

ние 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_n , 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 $1,57U_{\text{ном}}$. 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 неявно-полюсных роторов измеряется сопротивление всей обмотки, а у явно-полюсных – 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 tg δ 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 временных 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 в 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 в 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 целостности плавких вставок и токоограничивающих резисторов;

измерение сопротивления постоянному току токоведущей части патрона предохранителя-разъединителя;

измерение контактного нажатия в разъёмных 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 tg δ и емкости изоляции;

испытание повышенным напряжением промышленной частоты;

проверка качества уплотнений вводов;

испытание трансформаторного масла из маслонеполненных 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

$$L = \lambda_3 \cdot U \cdot k_3,$$

где U – наибольшее рабочее междуфазное напряжение, кВ;

λ_3 – удельная эффективная длина пути утечки, см/кВ;

k_3 – коэффициент использования длины пути утечки.

Значения λ_3 и k_3 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	λ_3 , 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 $\lambda_3 = 1,9$ см/кВ для ВЛ напряжением 6-35 кВ и $\lambda_3 = 1,4$ 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 $0,5 \leq S / S_0 \leq 2$ (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

$$k = k_u \cdot k_{\kappa},$$

где k_u – коэффициент использования изолятора;

k_K – 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.

Глухой (специальный) короб	Короб прямоугольного сечения, не имеющий съемной или откидывающейся крышки и предназначенный для прокладки в нем кабелей и проводов и их механической защиты	2.1.10
Лоток	Открытое протяженное изделие, имеющее дно и борта и предназначенное для прокладки на нем кабелей и проводов и размещения электрических аппаратов и электроустановочных изделий	2.1.11
Однослойная прокладка	Расположение кабелей и (или) проводов непосредственно на опорной поверхности без зазоров или с естественными зазорами между ними	2.1.12
Многослойная прокладка	Расположение кабелей и (или) проводов на опорной поверхности более чем в один слой без зазоров или с естественными зазорами между ними	2.1.13
Пучок (поток)	Совокупность кабелей и (или) проводов, расположенных многослойно вплотную один к другому и скрепленных между собой	2.1.14
Ввод от воздушной линии электропередачи	Участок кабельной или проводной линии от конца ответвления от ВЛ, считая от изоляторов или кронштейнов, установленных на наружной поверхности здания или сооружения, до зажимов его вводного устройства	2.1.15
Токопровод	Устройство для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из проводников, изоляторов, ответвительных устройств, оболочек, поддерживающих и опорных конструкций	2.2.2
Гибкий токопровод	Токопровод, выполненный с использованием проводов	2.2.3
Жесткий токопровод	Токопровод, выполненный с использованием шин любого профильного сечения	2.2.3
Закрытый токопровод	Конструктивное исполнение токопровода в оболочке с различной степенью защиты, различных климатических исполнений и категорий размещения, с различной степенью разделения фаз	2.2.3
Открытый токопровод	Конструктивное исполнение токопровода без оболочек со степенью защиты IP00 различных климатических исполнений и категорий размещения	2.2.3

Продолжение табл.

Шинопровод	Комплектный токопровод напряжением до 1 кВ переменного и до 1,5 кВ постоянного тока серийного изготовления, поставляемый в виде секций, ответвительных устройств, поддерживающих конструкций и элементов крепления	2.2.3
Магистральный шинопровод	Шинопровод, предназначенный, как правило, для присоединения распределительных шинопроводов, силовых, распределительных пунктов, щитов и отдельных мощных электроприемников	2.2.3
Распределительный шинопровод	Шинопровод, предназначенный в основном для присоединения электроприемников	2.2.3
Троллейный шинопровод	Шинопровод, предназначенный для питания передвижных электроприемников	2.2.3
Осветительный шинопровод	Шинопровод, предназначенный для питания и крепления осветительных приборов, а также для питания других электроприемников небольшой мощности	2.2.3
Протяженный шинопровод	Токопровод напряжением выше 1 кВ, выходящий за пределы одной электроустановки	2.2.3
Токопровод с расщепленной фазой	Токопровод, каждая фаза которого состоит из нескольких проводов	2.2.3
Внутрифазовая транспозиция токопровода	Изменение положения каждого провода расщепленной фазы по отношению к другим проводам той же фазы	2.2.3
Кабельная линия (КЛ)	Линия для передачи электроэнергии или ее отдельных импульсов, состоящая из одного или нескольких соединенных между собой без коммутационных аппаратов параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями, а для маслонаполненных линий, кроме того, – с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла	2.3.2
Кабельная трасса	Место расположения кабелей, идущих в одном направлении и размещенных на общей кабельной конструкции, в одной траншее, блоке и т. п.	2.3.2

Продолжение табл.

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, укладки, 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.

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, вентилях, щита автоматики и другого оборудования, предназначенного для обеспечения подпитки маслом КЛ высокого давления	2.3.10

Продолжение табл.

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 опоре; если в состав тросового крепления входит один или несколько изоляторов, то оно называется изолированным	2.5.3

Продолжение табл.

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 креплениях	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.

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, мм ²	
	Медной	Алюминиевой
<i>Стационарная электропроводка</i>		
Силовые цепи	1,5	2,5
Осветительные цепи	1,5	2,5
Вторичные цепи	0,5	—
<i>Передвижная и переносная электроустановка</i>		
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, наворачивающихся 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 (проемах), 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 мм^2 медных и 25 мм^2 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 мм^2 для медных и 25 мм^2 для алюминиевых проводников;

сечение *N*-проводника составляет не менее 16 мм^2 для медных и 25 мм^2 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 менее 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. Бвоты 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 25х25 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 устанавливаются 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 стораемых 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 IP40 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 IP40 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 охранный 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 водонепроницаемого 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}, Ш_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 (PN-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 (АБР). 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 маслonaполненная 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 маслonaполненной 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 маслonaполненных КЛ низкого давления?

Ответ. Применяются только муфты из немагнитных металлов.

Вопрос. Где размещаются стопорные, полустопорные и переходные муфты на маслonaполненных 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 гидроизоудаления, 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 обыкновенным 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 землей 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 прямков 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 м² (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 samozакрывающимися 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 ВЛИ жайшего 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 жостью (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 маслonaполненные кабели?

Ответ. Прокладываются, как правило, в отдельных кабельных сооружениях. Допускается их прокладка совместно с другими кабелями; при этом маслonaполненные 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 маслonaполненные 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 мм;

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 обеспечиваются 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 запираения 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 обходятся 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 маслonaполненных кабелей по мостам?

Ответ. Прокладка маслonaполненных 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 загромождали 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 трудносгораемого 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?

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.