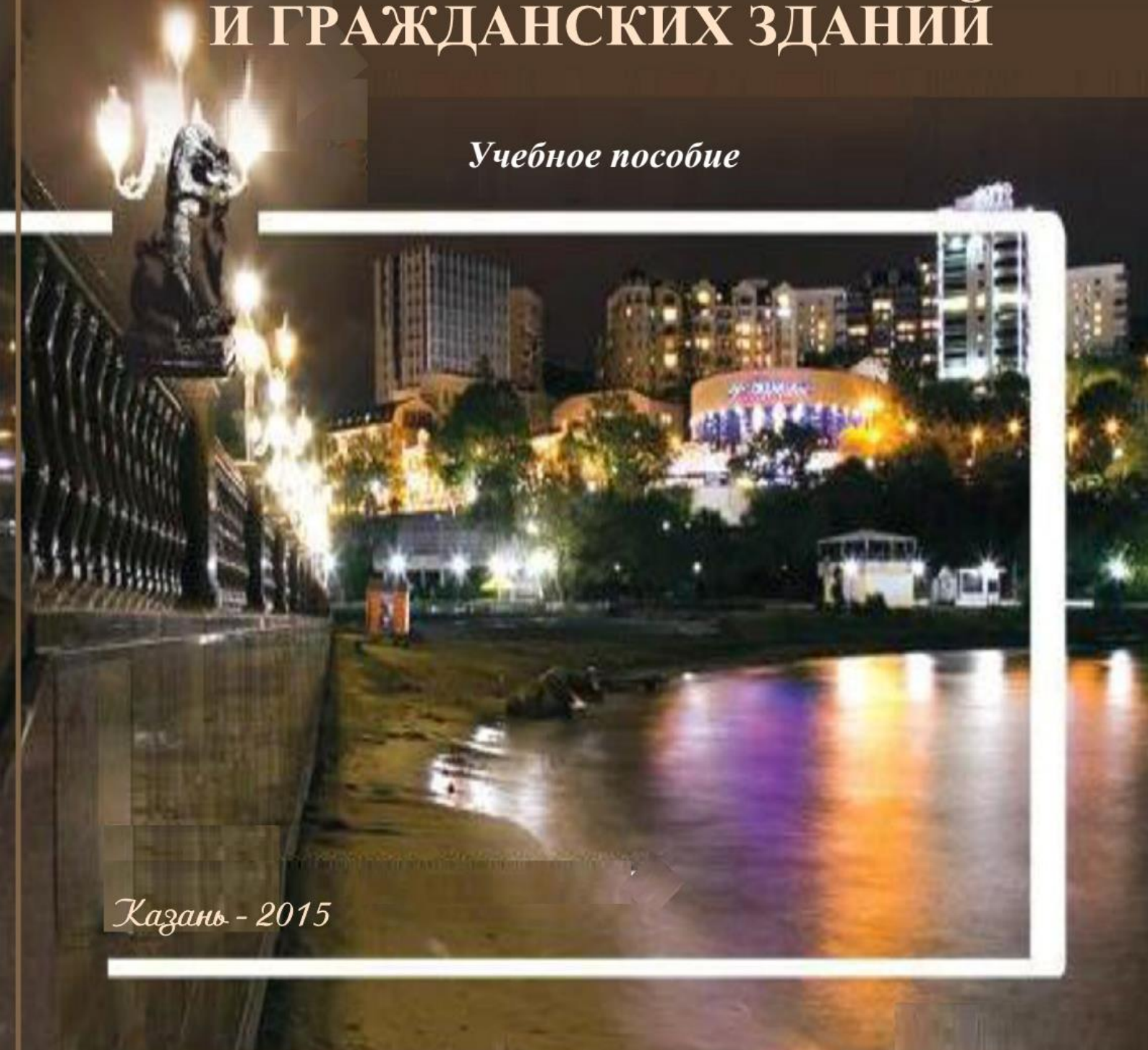


Ю.И. Солуянов, О.И. Юскевич
Е.В. Насырова

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Учебное пособие

Казань - 2015



Ю.И. Солуянов, О.И. Юскевич, Е.В. Насырова

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК
ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ И
ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

Учебное пособие

**Казань
2015**

УДК 621.3

ББК 68.9

С 62

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор Казанского государственного энергетического университета А.Р. Мухутдинов

Кандидат технических наук, доцент КГТУ (КХТИ) Н.В. Шильникова

Ю.И. Солуянов, О.И. Юскевич, Е.В. Насырова

С62 Эксплуатация электроустановок промышленных предприятий и гражданских зданий: Учеб. пособие. /Ю.И. Солуянов, О.И. Юскевич, Е.В. Насырова/. – Казань: КГЭУ, 2015. – 118 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы приемки и эксплуатации электроустановок, требования к персоналу, приведены основные меры безопасности при эксплуатации кабельных и воздушных линий электропередачи, а также электрооборудование подстанций и распределительных устройств. Изложены особенности эксплуатации электрооборудования жилых, общественных, административных и бытовых зданий.

Предназначено для студентов специальностей: «Электроснабжение», «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений».

УДК 621.3

ББК 68.9

© Казань, КГЭУ, 2015

Содержание

Введение	5
Глава 1. Термины, применяемые в правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей	6
Глава 2. Приемка электроустановок в эксплуатацию	9
2.1. Перечень приемо-сдаточных испытаний	11
Глава 3. Требования к эксплуатационному персоналу и его подготовка .	16
Глава 4. Ответственность потребителей за выполнение правил эксплуатации электроустановок	19
Глава 5. Структура эксплуатационных служб	22
Глава 6. Эксплуатация кабельных линий напряжением до 35 кВ	25
6.1. Техника безопасности при эксплуатации кабельных линий	42
Глава 7. Эксплуатация воздушных линий (ВЛ) электропередачи напряжением до 110 кВ	44
7.1. Техника безопасности при обходах и осмотрах воздушных линий .	48
7.2. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ на воздушных линиях электропередачи	49
Глава 8. Эксплуатация электрооборудования подстанций и распределительных устройств (РУ)	50
8.1. Эксплуатация силовых трансформаторов	50
8.1.1. Нормы и объем испытаний силовых трансформаторов	53
8.2. Эксплуатация распределительных устройств (РУ) и подстанций ...	56
8.3. Эксплуатация конденсаторных установок	63
8.4. Эксплуатация заземляющих устройств	65
8.4.1. Измерение сопротивления заземляющего устройства	67
8.4.2. Измерения напряжения прикосновения	72
8.4.3. проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках напряжением до 1 кВ	73
8.4.4. Измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства	74
8.4.5. Измерение однофазного тока короткого замыкания	74
Глава 9. Эксплуатация электрических машин	77
9.1. Профилактические испытания и измерения электрических машин. Электродвигатели переменного тока	78
9.1.1. Измерение сопротивления изоляции	79
9.1.2. Оценка состояния изоляции обмоток электродвигателя перед включением	80
9.1.3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты	82

9.1.4. Измерение сопротивления постоянному току обмоток статора и ротора, реостатов и пускорегулировочных резисторов	82
9.1.5. Измерение зазоров между сталью ротора и статора	85
9.1.6. Измерение зазоров в подшипниках скольжения	85
9.1.7. Измерение вибрации подшипников	86
9.1.8. Проверка работы электродвигателя на холостом ходу или ненагруженным механизмом	87
9.1.9. Проверка работы электродвигателя под нагрузкой	87
9.1.10. Особенности эксплуатации машин постоянного тока	88
9.1.11. Техника безопасности при эксплуатации электрических машин	90
Глава 10. Эксплуатация электрических внутрицеховых сетей и освещения	92
10.1. Эксплуатация внутрицеховых сетей	92
10.1.1. Допустимые длительные токи для проводов и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией	93
10.2. Эксплуатация электрического освещения	98
Глава 11. Эксплуатация электроустановок жилых, общественных, административных и бытовых зданий	102
11.1. Эксплуатация электрооборудования жилых зданий	102
11.2. Эксплуатация электрооборудования общественных зданий	105
11.3. Некоторые новые требования правил устройств электроустановок жилых, общественных, административных и бытовых зданий (ПУЭ, раздел 7, глава 7.1)	106
11.3.1. Электроснабжение и распределение электроэнергии	108
11.3.2. Электропроводки	109
11.3.3. Электрооборудование внутри помещений	112
11.3.4. Защитные меры	113
Контрольные вопросы	115
Библиографический список	117

ВВЕДЕНИЕ

Электрическая энергия широко применяется во всех областях народного хозяйства и в быту. Этому способствуют такие ее свойства как универсальность и простота использования, возможность производства в больших количествах промышленным способом и передачи на значительные расстояния.

Современная промышленность немыслима без электрических машин и аппаратов, электрических печей и сварки, электрохимии и т.п.

Все возрастающее применение находят электрические приборы, облегчающие ведение домашнего хозяйства, установки кондиционирования воздуха и электроотопления, и конечно без электроэнергии невозможна работа систем освещения и связи. В целом электроэнергетика более чем какая-либо другая отрасль определяет уровень экономического развития страны.

Однако широкое применение электроэнергии в промышленности, транспорте, в коммунальном и сельском хозяйстве, в быту сопровождается случайными поражения электрическим током людей и домашних животных.

Электротравматизм вызывается рядом причин: несоблюдением правил устройства электроустановок, неудовлетворительной эксплуатацией, низким качеством изоляции электрооборудования и проводников, пренебрежением требованиями техники безопасности обслуживающим персоналом и населением. Опасное поражение электрическим током усугубляется тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить напряжение дистанционно. Поэтому одной из важнейших проблем современной электротехники является создание безопасных электроустановок.

В настоящее время основные технические решения, определяющие электробезопасность электроустановок, регламентируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [4, раздел 7].

Ввиду ряда принципиальных отличий условий эксплуатации промышленных электроустановок и электроустановок общественных и жилых зданий эти вопросы в учебном пособии рассматриваются отдельно.

Настоящее пособие состоит из 11 глав, в которых изложены основные требования безопасности при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий и гражданских зданий. Представленный материал крайне необходим студентам энергетических специальностей при выполнении выпускных квалификационных работ раздела «Безопасность жизнедеятельности».

Глава 1. Термины, применяемые в правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей и их определения

Термины определены на основании действующих законодательных актов, новых государственных стандартов и других нормативно-технических документов с учетом эксплуатации электроустановок потребителей.

Таблица 1.1

Технические термины и определения

Термин 1	Определение 2
Авария	Нарушение в работе или повреждение электрооборудования, приведшее к серьезному изменению параметров электроснабжения потребителей
Документация исполнительная	Комплект рабочих чертежей, разработанных проектной организацией с внесенными в них изменениями при производстве работ
Документация эксплуатационная	Документы, предназначенные для использования при производственной эксплуатации, техническом обслуживании: техническое описание; инструкция по эксплуатации; инструкция по техническому обслуживанию, формуляр, паспорт, ведомость запасных частей
Допуск	Мероприятие, обеспечивающее правильность подготовки рабочего места, достаточность принятых мер безопасности и соответствие их характеру работы по наряду или распоряжению
Допуск повторный	Допуск на рабочее место, где уже ранее производилась работа по данному наряду
Наряд	Составленное на специальном бланке задание на безопасное проведение работы
Оборудование электрохозяйства	Совокупность электротехнических установок, машин, аппаратов и линий электропередачи, предназначенных для выработки, преобразования и распределения электроэнергии
Персонал энергохозяйства предприятия	Административно-управленческий и производственный персонал энергослужбы предприятия энергоремонтной базы, дежурных и оперативных групп
Персонал административно-технический	Руководители предприятий, начальники цехов, участков, лабораторий, их заместители, инженеры и техники, мастера занимающиеся эксплуатационным обслуживанием
Персонал оперативный (дежурный)	Персонал, осуществляющий оперативное управление и обслуживание электроустановок (осмотр, оперативные переключения, подготовку рабочего места, допуск и надзор за работающими, выполнение работ в порядке текущей эксплуатации)
Персонал оперативно-ремонтный	Ремонтный персонал, специально обученный и подготовленный для оперативного обслуживания закрепленных за ним электроустановок

Таблица 1.1 (продолжение)

1	2
Предприятие	Самостоятельно хозяйствующий субъект с правом юридического лица, созданный для производства продукции, выполнение работ и оказание услуг
Рабочее место	Место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности
Подготовка рабочего места	Производство необходимых операций по отключению оборудования, предотвращению его ошибочного включения в работу, установке ограждений, вывешиванию знаков безопасности, обеспечивающих безопасность проведения работ
Срок службы	Календарная продолжительность от начала эксплуатации оборудования до перехода в предельное состояние
Ввод в эксплуатацию электроустановок	Событие фиксирующее готовность электроустановки к использованию по назначению и документально оформленное в установленном порядке
Блокировка электротехнического изделия (устройства)	Часть электротехнического изделия (устройства), предназначенная для предотвращения или ограничения выполнения операций одними частями изделия при определенных состояниях или положениях других частей изделия в целях предупреждения возникновения в нем недопустимых состояний или исключения доступа к его частям, находящимся под напряжением
Взрывозащищенное электротехническое изделие (устройство)	Электротехническое изделие (устройство) специального назначения, которое выполнено таким образом, что устранена или затруднена возможность воспламенения окружающей его взрывоопасной среды в процессе эксплуатации этого изделия (устройства)
Воздушная линия (ВЛ) электропередачи	Устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенными на открытом воздухе и прикрепленным с помощью изоляторов и арматуры к опорам
Встроенная подстанция	Электрическая подстанция, занимающая часть здания
Вторичные цепи электропередачи	Совокупность рядов зажимов, электрических проводов и кабелей, соединяющих приборы и устройства управления электроавтоматики, блокировки, измерения, защита и сигнализации
Нейтраль	Общая точка соединенных в звезду обмоток (элементов) электрооборудования
Глухозаземленная нейтраль	Нейтраль трансформатора или генератора присоединенная непосредственно к заземляющему устройству
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
Заземляющее устройство	Совокупность заземлителя и заземляющих проводников

Таблица 1.1 (продолжение)

1	2
Заземлитель	Проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду
Проводящая часть	Часть, которая может проводить электрический ток
Заземляющий проводник	Проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем
Искусственный заземлитель	Заземлитель специально выполняемый для цепей заземления
Естественный заземлитель	Сторонняя проводящая часть (СПЧ), находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для цепей заземления
Сторонняя проводящая часть (СПЧ)	Проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки
Токоведущая часть	Проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник (N)
Открытая проводящая часть (ОПЧ)	Доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции
Заземление	Преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством
Защитное заземление	Заземление, выполняемое в целях электробезопасности
Рабочее заземление	Заземление точки, или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности)
Защитное зануление	В электроустановках напряжением до 1 кВ, преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора
Защитный проводник PE	Проводник, предназначенный для целей электробезопасности
Нулевой защитный проводник	Защитный проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для присоединения открытых проводящих частей к глухозаземленной нейтрали источника питания
Нулевой рабочий 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
Совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий (PEN) проводники	Проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающие функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников
Инструктаж целевой	Указания по безопасности выполнению конкретной работы в электроустановке

Таблица 1.1 (окончание)

1	2
Испытательное напряжение промышленной частоты	Действующее значение напряжения частоты 50 Гц, которое должна выдерживать изоляция электрооборудования при определенных условиях испытания
Испытательное выпрямленное напряжение	Амплитудное значение напряжения, прикладываемое к электрооборудованию в течение заданного времени при определенных условиях испытания
Распределительное устройство	Электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, устройства защиты, автоматики и измерительные приборы
Комплектное распределительное устройство	Распределительное устройство, поставляемое в собранном виде (КРУ). КРУ – предназначено для внутренней установки. КРУН – для наружной установки
Электрическая подстанция	Электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии
Трансформаторная подстанция	Электрическая подстанция, предназначенная для преобразования электрической энергии одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения с помощью трансформатора
Электрическая сеть	Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, линий электропередачи
Электрический распределительный пункт	Электрическое распределительное устройство, не входящее в состав подстанции
Электрооборудование	Совокупность электрических устройств, объединенных общими признаками
Электроустановка	Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии
Электрооборудование с нормальной изоляцией	Электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках подверженных действию грозовых перенапряжений при обычных мерах по грозозащите
Электрооборудование с облегченной изоляцией	Электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, не подверженных действию грозовых перенапряжений, или при специальных мерах защиты, ограничивающих амплитуду грозовых перенапряжений

Глава 2. Приемка электроустановок в эксплуатацию

Электрооборудование напряжением до 500 кВ, вновь вводимое в эксплуатацию, подвергается приемно-сдаточным испытаниями в соответствии с требованиями, приведенными в [3, гл. 1.8] и [1, гл. 1.3].

Перед приемкой в эксплуатацию электроустановок должны быть проведены:

- в период строительства и монтажа энергообъекта – промежуточные приемки узлов оборудования и сооружений, в том числе скрытых работ;
- приемосдаточные испытания оборудования и пусконаладочные испытания отдельных систем электроустановок;
- комплексное опробование оборудования.

Приемо-сдаточные испытания оборудования и пусконаладочные испытания проводятся по проектным схемам подрядчиком (генподрядчиком) с привлечением персонала заказчика после окончания всех строительных и монтажных работ по сдаваемой электроустановке, а комплексное опробование проводится заказчиком.

Все измерения, испытания и опробования электрооборудования в соответствии с действующими нормативно-техническими документами, инструкциями заводов-изготовителей, произведенные персоналом монтажных наладочных организаций непосредственно перед вводом в эксплуатацию, оформляются соответствующими актами и/или протоколами.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты обязательно для электрооборудования напряжением до 35 кВ.

Допускается испытывать электрооборудование распределительных устройств напряжением до 20 кВ – повышенным выпрямленным напряжением, которое принимается равным полуторакратному значению испытательного напряжения промышленной частоты.

Измерение сопротивления изоляции, если отсутствуют дополнительные указания, производится:

- 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.

Испытание изоляции напряжением промышленной частоты равным 1 кВ может быть заменено измерением одноминутного значения

сопротивления изоляции мегаомметром на 2500 В. Если при этом полученное значение сопротивления меньше приведенных в нормах, испытание напряжением 1 кВ промышленной частоты является обязательным.

При комплексном опробовании оборудования проверяется работоспособность оборудования и технологических схем, безопасность их эксплуатации, настройка всех систем контроля и управления, устройств защиты и блокировок, устройств сигнализации и контрольно-измерительных приборов. Комплексное опробование считается проведенным, если нормальная и непрерывная работа основного и вспомогательного оборудования длится в течение 72 часов, а линий электропередач – в течение 24 часов. Перед опробованием и приемкой электрооборудования в эксплуатацию необходимо укомплектовать, обучить (с проверкой знаний) электротехнический и электротехнологический персонал; разработать и утвердить эксплуатационные инструкции, инструкции по охране труда и оперативные схемы, техническую документацию по учету и отчетности; подготовить и испытать защитные средства, инструмент; ввести в действие средства связи, сигнализации и пожаротушения, аварийное освещение, вентиляцию.

Перед допуском в эксплуатацию электроустановка должна быть принята Потребителем (Заказчиком) в установленном порядке.

Подача напряжения на электроустановку производится только после получения разрешения от органов Ростехнадзора и на основании договора на электроснабжение между Потребителем и электроснабжающей организацией.

По результатам приемо-сдаточных испытаний основного электрооборудования составляется акт приемки передачи электрооборудования по месту его эксплуатации. Приемка в эксплуатацию электрооборудования с дефектами и недоделками не допускается. При этом электрооборудование ставится на балансовый учет, ему присваивается инвентарный номер и производится запись в инвентарном журнале. Основным документом учета технического состояния электрооборудования является учетно-контрольная карта, которая составляется на основании данных о состоянии электрооборудования и последующих проведенных плановых и аварийных ремонтов.

2.1. Перечень приемо-сдаточных испытаний

Машины постоянного тока мощностью до 200 кВт, напряжением до 440 В испытываются на:

- определение возможности включения без сушки;
- измерение сопротивления изоляции;
- испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты (обмотки машин мощностью менее 3 кВт не испытываются);
- измерение сопротивления обмотки постоянному току;
- снятие характеристики холостого хода;
- снятие нагрузочной характеристики;
- испытание под нагрузкой.

Электродвигатели переменного тока:

- определение возможности включения без сушки электродвигателей напряжением выше 1 кВ;
- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- измерение сопротивления изоляции постоянному току;
- проверка работы электродвигателя на холостом ходу;
- проверка работы электродвигателя под нагрузкой.

Силовые трансформаторы, автотрансформаторы:

- определение условий включения трансформаторов;
- измерение характеристик изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- проверка коэффициента трансформации;
- измерение потерь холостого хода;
- проверка работы переключающего устройства;
- испытание бака с радиаторами;
- проверка устройств охлаждения;
- фазировка трансформаторов;
- испытание трансформаторного масла;
- испытание включением толчком на номинальное напряжение;
- испытание вводов;
- испытание встроенных трансформаторов тока.

Измерительные трансформаторы тока:

- измерение сопротивления изоляции;
- измерение $\tan \delta$ изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- снятие характеристик намагничивания;
- измерение коэффициента трансформации;
- испытание трансформаторного масла.

Измерительные трансформаторы напряжения:

- измерение сопротивления изоляции обмоток;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- испытание трансформаторного масла.

Масляные выключатели:

- измерение сопротивления изоляции;
- испытание вводов;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- измерение сопротивления постоянному току;
- измерение временных характеристик;
- измерение хода подвижных частей, вжима контактов при выключении, одновременности замыкания и размыкания контактов;
- испытание многократными опробованиями;
- испытание трансформаторного масла.

Воздушные выключатели:

- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- измерение сопротивления постоянному току;
- проверка характеристик выключателя;
- проверка минимального напряжения срабатывания выключателя;
- испытание выключателя многократным включением и отключением.

Элегазовые выключатели:

- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- измерение сопротивления постоянному току;
- проверка минимального напряжения срабатывания;
- проверка характеристик выключателя;
- испытание многократными опробованиями.

Вакуумные выключатели:

- измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления;
- испытание изоляции повышенным напряжением частоты 50 Гц;
- проверка минимального напряжения срабатывания;
- испытание выключателей многократными опробованиями;
- измерение сопротивления постоянному току, измерение временных характеристик, измерение хода подвижных частей и одновременности замыкания контактов.

Выключатели нагрузки:

- измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- измерение сопротивления постоянному току;
- проверка действия механизма свободного расцепителя;
- проверка срабатывания привода при пониженном напряжении;
- испытание многократными опробованиями.

Разъединители, отделители и короткозамыкатели:

- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- измерение сопротивления постоянному току;
- измерение вытягивающихся усилий подвижных контактов из неподвижных;
- испытание многократными опробованиями;
- определение временных характеристик;
- проверка работы механической блокировки.

Комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки (КРУ и КРУН): нормы испытаний элементов КРУ: масляных выключателей, измерительных трансформаторов, выключателей нагрузки, предохранителей, разъединителей, силовых трансформаторов и трансформаторного масла – приведены выше.

Конструкция испытывается:

- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- измерение сопротивления постоянному току;
- механические испытания.

Комплектные токопроводы (шинопроводы):

- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- проверка качества выполнения болтовых и сварных соединений;
- проверка состояния изоляционных прокладок.

Сборные и соединительные шины:

- измерение сопротивления изоляции подвесных и опорных фарфоровых изоляторов;
- испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты;
- проверка качества выполнения болтовых контактных соединений;
- проверка качества выполнения опрессованных контактных соединений;

- контроль сварных контактных соединений.

Конденсаторы:

- измерение сопротивления изоляции;
- измерение емкости;
- испытание повышенным напряжением;
- испытание батареи конденсаторов трехкратным включением.

Предохранители:

- испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты;
- проверка целостности плавких вставок и токоограничивающих резисторов;
- измерение контактов нажатия.

Трансформаторное масло:

- анализ масла перед заливкой в оборудование;
- анализ масла перед включением оборудования.

Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1 кВ:

- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- проверка действия автоматических выключателей;
- проверка работы автоматических выключателей и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока;
- проверка релейной аппаратуры;
- проверка устройства защитного отключения (УЗО);
- проверка правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока.

Заземляющие устройства:

- проверка элементов заземляющего устройства;
- проверка цепи между заземлителями и заземляемыми элементами;
- проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках до 1 кВ;
- проверка цепи фаза-нуль в электроустановках до 1 кВ с системой TN;
- измерения сопротивления заземляющих устройств.

Силовые кабели:

- проверка целостности и фазировки жил кабеля;
- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением выпрямленного тока;
- проверка защиты от блуждающих токов;
- измерение сопротивления заземления.

Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ:

- проверка изоляторов внешним осмотром;
- проверка соединений проводов;
- измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов.

Глава 3. Требования к эксплуатационному персоналу и его подготовка

Эксплуатацию электрооборудования промышленных предприятий должен осуществлять квалифицированный, подготовленный электротехнический персонал, который подразделяется на административно-технический, оперативный, ремонтный, оперативно-ремонтный. Непосредственно эксплуатацию электрооборудования осуществляет оперативный и оперативно-ремонтный персонал предприятия.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста к самостоятельной работе по обслуживанию электрооборудования, не допускаются. Практиканты учебных заведений, не достигшие 18-летнего возраста, могут находиться в помещениях с электрооборудованием под постоянным надзором опытного и квалифицированного оперативного персонала.

К оперативному обслуживанию допускаются люди, знающие оперативные схемы, должностные и эксплуатационные инструкции, особенности данного электрооборудования и прошедшие проверку знаний межотраслевых правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, введенных в действие с 1 июля 2003 г., и имеющие соответствующую группу по электробезопасности. Работнику, прошедшему проверку знаний по охране труда при эксплуатации электроустановок, выдается удостоверение установленной формы, в которое вносятся результаты проверки знаний.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ работники из числа персонала, единолично обслуживающие электроустановки, или старшие по смене должны иметь группу по электробезопасности не ниже IV, остальные работники в смене – не ниже III.

В электроустановках напряжением до 1 кВ работники из числа оперативного персонала, обслуживающие электроустановки должны иметь группу III.

Единоличный осмотр электроустановок, электротехнической части технологического оборудования может выполнять работник, имеющий группу не ниже III, из числа оперативного персонала, находящегося на дежурстве.

Электротехнический персонал до назначения на самостоятельную работу или при переходе на другую работу (должность), связанную с эксплуатацией электроустановок, а также при перерыве в работе в качестве электротехнического персонала свыше 1 года обязан пройти медицинское освидетельствование и производственное обучение на рабочем месте. Медицинские осмотры электротехнический персонал проходит 1 раз в 2 года.

Для обучения работнику представляется необходимое время для ознакомления с оборудованием, аппаратурой, оперативными схемами и одновременного изучения:

- правил устройства электроустановок, правил эксплуатации, правил безопасности, правил и приемов оказания первой помощи при несчастных случаях на производстве, правил применения и испытания средств защиты;
- должностных и производственных инструкций;
- инструкций по охране труда;
- других правил, нормативных и эксплуатационных документов, действующих на предприятии.

По окончании обучения проводится проверка знаний персонала, после чего им присваивается соответствующая группа по электробезопасности [2].

Проверка знаний работников подразделяется на первичную и периодическую (очередную и внеочередную):

- первичная проводится перед допуском оперативного персонала к самостоятельной работе;
- очередная проводится 1 раз в год для оперативного персонала и 1 раз в 3 года для инженерно-технического персонала;
- внеочередная проводится при нарушении работниками требований нормативных актов по охране труда; при установке нового оборудования и изменении электрических схем; при переводе на другую работу; по заключению комиссий, расследовавших несчастные случаи с людьми; по требованию органов государственного надзора; при повышении знаний на более высокую группу.

Для проведения проверки знаний электротехнического и электротехнологического персонала на предприятии создается комиссия в составе пяти человек. Председатель комиссии должен иметь группу по электробезопасности V. Результаты проверки знаний заносятся в журнал установленной формы [2] и подписываются всеми членами комиссии.

Лица, не выдержавшие проверку знаний, проходят повторную проверку через 2–4 недели. Лицо, получившее неудовлетворительную оценку при третьей проверке знаний, отстраняется от работы и с ним расторгается контракт вследствие недостаточной квалификации. После проверки знаний

каждый работник проходит стажировку на рабочем месте продолжительностью от 2 до 4 смен под руководством опытного работника, после чего он может быть допущен к самостоятельной работе.

В процессе стажировки работник обязан:

- усвоить требования правил эксплуатации, охраны труда, пожарной безопасности и их практическое применение на рабочем месте;
- изучить схемы, производственные инструкции и инструкции по охране труда;
- отработать четкое ориентирование на своем рабочем месте;
- приобрести необходимые практические навыки;
- изучить приемы и условия безаварийной, безопасной и экономичной эксплуатации обслуживаемого электрооборудования.

Допуск к стажировке и самостоятельной работе для инженерно-технического персонала оформляется приказом по предприятию, для рабочих – приказом по цеху.

Для оперативного персонала распределительных устройств и подстанций напряжением выше 1 кВ практикуется дублирование на рабочем месте. После дублирования продолжительностью от 2 до 12 рабочих смен работник допускается к самостоятельной работе.

Во время прохождения дублирования обучаемый может производить оперативные переключения, осмотры и другие работы в электроустановках только с разрешения и под надзором обучающего.

Ответственность за правильность действий обучаемого и соблюдение им правил несет как сам обучаемый, так и обучающий его работник.

Дежурный из оперативного персонала, придя на дежурство, должен принять смену от предыдущего дежурного, а после окончания работы сдать смену следующему дежурному в соответствии с графиком.

При приемке смены оперативный персонал обязан:

- ознакомиться по схеме с состоянием и режимом работы оборудования путем личного осмотра;
- получить сведения об оборудовании, находящемся в резерве и ремонте;
- проверить и принять средства защиты, инструмент, материалы, оперативную документацию, ключи от помещений;
- оформить приемку смены записью в журнале;
- доложить старшему по смене о вступлении на дежурство.

Запрещается приемка и сдача смены во время ликвидации аварий.

Оперативный персонал обязан проводить обходы и осмотры оборудования и производственных помещений на закрепленном участке.

На предприятии должна проводиться систематическая работа с электротехническим персоналом, направленная на повышение его квалификации, уровня знаний правил и инструкций по охране труда, изучение передового опыта и безопасных приемов обслуживания электроустановок, предупреждение аварийности и травматизма.

Глава 4. Ответственность потребителей за выполнение правил эксплуатации электроустановок

Для обеспечения правильной организации и управления эксплуатации энергетического оборудования на предприятии создается специальная энергетическая служба.

На малых предприятиях энергетическая служба совмещается со службой главного механика. Если в силу малочисленности предприятия энергетическую службу содержать нецелесообразно, то руководство энергослужбой поручается специально подготовленным лицам инженерно-технического персонала, на которых приказом по предприятию возлагается выполнение задач энергетической (электротехнической) службы и ответственность за соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок, а также поддержание их в исправном состоянии. Допускается проводить эксплуатацию электроустановок по договору со специализированной организацией.

На предприятиях, не занимающихся производственной деятельностью, электрохозяйство которых включает в себя только вводное (вводно-распределительное) устройство, осветительные установки, переносное электрооборудование номинальным напряжением не выше 380 В, ответственный за электрохозяйство может не назначаться. В этом случае руководитель предприятия ответственность за безопасную эксплуатацию электроустановок возлагает на себя по письменному согласию с местным органом Ростехнадзора путем оформления соответствующего заявления-обязательства, без проверки знаний [1, Приложение № 1].

Индивидуальные предприниматели, выполняющие техническое обслуживание и эксплуатацию электроустановок, проводящие в них монтажные, ремонтные, наладочные работы, испытания и измерения по договору, должны проходить проверку знаний в установленном порядке и иметь соответствующую группу по электробезопасности.

Предприятие обязано обеспечить:

- содержание электроустановок в работоспособном состоянии и их эксплуатацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов;
 - своевременное и качественное проведение технического обслуживания, планово-предупредительного ремонта, испытаний, модернизацию и реконструкцию электроустановок и электрооборудования;
 - подбор электротехнического и электротехнологического персонала, периодические медицинские осмотры работников, проведение инструктажей по безопасности труда, пожарной безопасности;
 - обучение и проверку знаний электротехнического и электротехнологического персонала;
 - надежность работы и безопасность эксплуатации электроустановок;
 - охрану труда электротехнического и электротехнологического персонала;
 - охрану окружающей среды при эксплуатации электроустановок;
 - учет, анализ и расследование нарушений в работе электроустановок, несчастных случаев, связанных с эксплуатацией электроустановок и принятие мер по устранению причин их возникновения;
 - представление сообщений в органы Ростехнадзора об авариях, смертельных, тяжелых и групповых несчастных случаях, связанных с эксплуатацией электроустановок;
 - разработку должностных, производственных инструкций и инструкций по охране труда для электротехнического персонала;
 - укомплектование электроустановок защитными средствами, средствами пожаротушения и инструментом;
 - учет, рациональное расходование электрической энергии и проведение мероприятий по энергосбережению;
 - проведение необходимых испытаний электрооборудования, эксплуатацию устройств молниезащиты, измерительных приборов и средств учета электрической энергии;
 - выполнение предписаний органов Российского технического надзора.
- Назначение ответственного за электрохозяйство и его заместителей производится после проверки знаний и присвоения соответствующей группы по электробезопасности:
- V – в электроустановках напряжением выше 1 кВ;
 - IV – в электроустановках напряжением до 1 кВ.
- Ответственный за электрохозяйство обязан:

- организовать разработку и ведение необходимой документации по вопросам организации эксплуатации электроустановок;
- организовать обучение, инструктирование, проверку знаний и допуск к самостоятельной работе электротехнического персонала;
- организовать безопасное проведение всех видов работ в электроустановках, в том числе с участием командированного персонала;
- обеспечить своевременное и качественное выполнение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов и профилактических испытаний электроустановок;
- контролировать наличие, своевременность проверок и испытаний средств защиты в электроустановках, средств пожаротушения, инструмента;
- организовать оперативное обслуживание электроустановок и ликвидацию аварийных ситуаций;
- обеспечить проверку соответствия схем электроснабжения фактическим эксплуатационным с отметкой на них о проверке (не реже 1 раза в 2 года); пересмотр инструкций (не реже 1 раза в 3 года); контроль замеров показателей качества электрической энергии (не реже 1 раза в 2 года); повышение квалификации электротехнического персонала (не реже 1 раза в 5 лет);
- контролировать правильность допуска персонала строительно-монтажных организаций в действующих электроустановках.

За нарушение в работе электроустановок персональную ответственность несут:

- руководитель предприятия и ответственные за электрохозяйство – за невыполнение требований, предусмотренных Правилами и должностными инструкциями;
- работники, непосредственно обслуживающие электроустановки – за нарушения, происшедшие по их вине;
- работники, проводящие ремонт оборудования – за нарушения в работе, вызванные низким качеством ремонта;
- руководители и специалисты энергетической службы – за нарушения в работе электроустановок, происшедшие по их вине;
- руководители технологических служб – за нарушения в эксплуатации электротехнологического оборудования.

Нарушение правил технической эксплуатации электроустановок влечет за собой ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Глава 5. Структура эксплуатационных служб

Вне зависимости от формы собственности и подчиненности предприятия, его масштабов, вида выпускаемой продукции и оказываемых услуг служба главного энергетика предприятия осуществляет единую техническую политику по всем вопросам производственной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования предприятия.

В ведении службы главного энергетика и подчиненных ему подразделений находятся:

а) все общезаводские и межцеховые энергоустройства: трансформаторные подстанции, электрические преобразовательные станции и установки, котельные и бойлерные установки, водонасосные станции и артезианские скважины, станции перекачки фекальных и ливневых вод, очистные сооружения, компрессорные вакуумные и холодильные установки, ацетиленовые, водородные и кислородные станции, газовое оборудование, вентиляционные, сантехнические и светотехнические устройства, телефонные станции, радиоузлы, устройства связи и сигнализации;

б) все магистральные и распределительные сети и коммуникации: электросети всех напряжений, частот и токов, трубопроводы пара горячей воды и сжатого воздуха, газопроводы, системы водоснабжения и канализации, отопления и вентиляции, а также сети всех видов связи и сигнализации.

В зависимости от суммарной годовой трудоемкости по ремонту энергооборудования различают три формы управления энергохозяйством предприятия (электрохозяйство является составной частью энергохозяйства предприятия):

– Централизованную, предусматривающую выполнение всех видов работ при годовой плановой трудоемкости до 250 тыс. чел.\ч эксплуатационно-ремонтным персоналом службы главного энергетика. Преимущества этой формы управления – лучшее оснащение технической базы, специализация работ, уменьшение производственных площадей и численности персонала.

– Децентрализованную, предусматривающую выполнение большей части работ при годовой трудоемкости до 200 тыс. чел.\ч эксплуатационно-ремонтным персоналом производственных (технологических) цехов. Преимущества этой формы управления – лучшая оперативность при выполнении работ.

– Смешенную, предусматривающую выполнение всех работ как службами главного энергетика, так и службами производственных цехов.

Типовые структуры управления энергетическими службами предприятий различного масштаба приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Типовые структуры управления энергетическими службами предприятий

Энергетические службы предприятия	Суммарная годовая трудоемкость работ по ремонту энергооборудования, тыс. чел.-ч		
	до 250	от 250 до 1000	более 1000
1	2	3	4
1. Служба главного энергетика: – главный энергетик – начальник; – заместитель главного энергетика по электротехнической части; – заместитель главного энергетика по теплотехнической части; – заместитель главного энергетика	– – – –	+ – – +	+ + + –
2. Служба главного механика*: – главный механик; – заместитель главного механика по энергетике	+ +	– –	– –
3. Секторы (бюро, группы): – планово-предупредительного ремонта и запчастей; – учета, нормирования и планирования энергоресурсов; – энергонадзора и надежности; – планово-предупредительного ремонта, запчастей, энергонадзора и надежности	– – – –	– + – –	+ + + –
4. Цехи, участки: – котельный **; – теплоснабжения (пароснабжения); – электроснабжения; – электроремонтный; – водоснабжения и канализации; – электроснабжения и электроремонта – энергоцех (пароснабжение, котельная, водоснабжение, электроснабжение); – связи; – лаборатория по испытанию энергоустановок***; – электролаборатория	– – – – – – + – – – –	+ – – – – + – – – + –	+ + + + + – – + + – –
5. Участок связи	–	+	–

Примечание:

* в отдельных случаях функции службы главного энергетика выполняет служба главного механика;

** котельный цех рекомендуется создавать при производительности котлов от 100 т пара в час с выше или 70 Гкал/ч горячей воды и выше;

*** лаборатории входят в состав цехов.

На крупных промышленных предприятиях в штате службы главного энергетика предусматривается два заместителя: один по электротехнической части, другой по теплотехнической. При незначительных объемах ремонтных работ по энергетическому оборудованию функции главного энергетика выполняются службой главного механика, где предусматривается должность энергетика. Численность службы главного энергетика на промышленных предприятиях рекомендуется устанавливать в зависимости от годовой суммарной трудоемкости работ по ремонту оборудования, подведомственного главному энергетику.

Служба главного энергетика:

- обеспечивает и несет ответственность за бесперебойное энергоснабжение всех подразделений предприятия и за соблюдение заданных параметров всех видов энергии;
- разрабатывает и контролирует оптимальные режимы работы оборудования и сетей;
- выполняет оперативные распоряжения в отношении графика нагрузки электро-, газо- и водопотребления;
- обеспечивает внедрение мероприятий по повышению надежности и безопасности обслуживания энергетического оборудования;
- ведет учет, расследование и анализ аварий оборудования и сетей на предприятии в целом, разрабатывает и осуществляет противоаварийные мероприятия;
- контролирует и силами энергоремонтных служб обеспечивает выполнение годовых и месячных графиков технического обслуживания и ремонта оборудования;
- разрабатывает принципиальные, оперативные и исполнительные схемы энергетических сетей и установок;
- разрабатывает техническую и технологическую документацию по ремонту оборудования;
- определяет потребность в запасных частях и материалах для ремонта оборудования;

- внедряет передовые методы эксплуатации и ремонта объектов энергохозяйства;
- осуществляет приемку оборудования, сетей в эксплуатацию;
- отвечает за организацию безопасной эксплуатации общезаводских и междоусловных энергетических объектов;
- отвечает за своевременную проверку защитных средств;
- разрабатывает и утверждает инструкции по техническому обслуживанию и ремонту общезаводского оборудования. Рассматривает и согласовывает разработанные производственными подразделениями инструкции по техническому обслуживанию энерготехнического оборудования;
- организует изучение подчиненным ему персоналом правил технической эксплуатации и безопасности обслуживания оборудования. Производит проверку знаний, аттестацию в установленные сроки и допуск к работе;
- принимает участие в выполнении планов организационно-технических мероприятий по охране труда и технике безопасности;
- организует учет всех видов энергии. Осуществляет надзор за измерительными приборами;
- ведет систематический анализ деятельности энергетической службы в целях планомерного снижения затрат на эксплуатацию и ремонт оборудования;
- оформляет акты на списание оборудования;
- несет ответственность за учет и сохранность резервного оборудования;
- обеспечивает своевременное представление вышестоящим и энергоснабжающим организациям сведений по установленным формам отчетности, а также необходимых расчетов потребности в топливе, тепловой и электрической энергии.

Глава 6. Эксплуатация кабельных линий напряжением до 35 кВ

Каждая кабельная линия (КЛ) имеет паспорт, включающий следующую документацию:

- исполнительный чертеж трассы с указанием мест установки соединительных муфт, выполненный в масштабе 1:200 или 1:500 в зависимости от развития коммуникаций в данном районе трассы;
- чертеж профиля КЛ в месте пересечения с дорогами и другими коммуникациями;
- кабельный журнал;
- инвентарная опись всех элементов КЛ (для КЛ напряжением выше 1 кВ);
- акты на монтаж кабельных муфт;
- протоколы испытания изоляции КЛ повышенным напряжением (для КЛ напряжением выше 1 кВ);
- документы о результатах измерения сопротивления изоляции;
- акты на устройства по защите КЛ от электрохимической коррозии.

Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты снабжаются бирками; на бирках кабелей в начале и конце линии указываются марка, напряжение, сечение, номер или наименование линии; на бирках соединительных муфт – номер муфты, дата монтажа. Для каждой КЛ устанавливаются наибольшие токовые нагрузки.

Бирки располагаются по длине линии через каждые 50 м на открыто проложенных кабелех, а также на поворотах трассы и в местах прохода кабелей через перегородки и перекрытия (с обеих сторон).

На период ликвидации аварии допускается перегрузка по току для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ на 30 % продолжительностью не более 100 ч в год, если в остальные периоды этих суток нагрузка не превышает длительно допустимый. Для кабелей, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки снижаются до 10 %. Не допускается перегрузка кабелей с пропитанной бумажной изоляцией напряжением 20 и 35 кВ.

На период ликвидации аварии допускаются перегрузки по току для кабелей с изоляцией из полиэтилена и поливинилхлоридного пластика на 15 % и для кабелей с изоляцией из резины и вулканизированного полиэтилена на 18 % продолжительностью не более 6 ч в сутки в течение 5 суток, но не более 100 ч в год, если в остальные периоды этих суток нагрузка не превышает длительно допустимой. Для кабелей, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки снижаются до 10 %.

Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 35 кВ, проложенных в земле, приведены в табл. 6.1, 6.3, 6.5, 6.6. Они приняты из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7–1,0 м не более одного кабеля при температуре земли +15 °С.

Для кабелей, проложенных в воздухе, внутри и вне зданий, при любом количестве кабелей и температуре воздуха +25 °С допустимые длительные токи приведены в табл. 6.2, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8.

Таблица 6.1

**Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами
с бумажной пропитанной маслोकанифольной и нестекающей массами
изоляции в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле**

Сечение токопроводя- щей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					Четырех- жильных до 1 кВ
	Одножиль- ных до 1 кВ	Двухжиль- ных до 1 кВ	Трехжильных кабелей напряжением, кВ			
			до 3	6	10	
6	—	80	70	—	—	—
10	140	105	95	80	—	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	596	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	—	490	440	400	450
240	880	—	570	510	460	—
300	1000	—	—	—	—	—
400	1220	—	—	—	—	—
500	1400	—	—	—	—	—
625	1520	—	—	—	—	—
800	170	—	—	—	—	—

Таблица 6.2

Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводя- щей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					Четырех- жильных до 1 кВ
	Одножиль- ных до 1 кВ	Двухжиль- ных до 1 кВ	Трехжильных кабелей напряжением, кВ			
			до 3	6	10	
6	—	55	45	—	—	—
10	95	75	60	55	—	60
16	120	95	80	65	60	80
25	160	130	105	90	85	100
35	200	150	120	110	105	120
50	245	185	155	145	135	145
70	305	225	200	175	165	185
95	360	275	245	215	200	215
120	415	320	285	250	240	260
150	470	375	330	290	270	300
185	525	—	375	325	305	340
240	610	—	430	375	350	—
300	720	—	—	—	—	—
400	880	—	—	—	—	—
500	1020	—	—	—	—	—
620	1180	—	—	—	—	—
800	1400	—	—	—	—	—

Таблица 6.3

Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводя- щей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					Четырех- жильных до 1 кВ
	Одножиль- ных до 1 кВ	Двухжиль- ных до 1 кВ	Трехжильных кабелей напряжением, кВ			
			до 3	6	10	
1	2	3	4	5	6	7
6	—	60	55	—	—	—
10	110	80	75	60	—	—
16	135	110	90	80	75	—
25	180	140	125	105	90	—
35	220	175	145	125	115	—

Таблица 6.3 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
50	275	210	180	155	140	–
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	–	380	340	310	345
240	675	–	440	390	355	–
300	770	–	–	–	–	–
40	940	–	–	–	–	–
500	1080	–	–	–	–	–
620	1170	–	–	–	–	–
800	1310	–	–	–	–	–

Таблица 6.4

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами
с бумажной пропитанной маслосканифольной и нестекающей массами
изоляции в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых
в воздухе**

Сечение токопроводя- щей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	Одножиль- ных до 1 кВ	Двухжиль- ных до 1 кВ	Трехжильных кабелей напряжением, кВ			Четырех- жильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	42	35	—	—	—
10	75	55	46	42	—	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	110	105	110
70	235	175	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	—	290	250	235	260
240	470	—	330	290	270	—
300	555	—	—	—	—	—
400	675	—	—	—	—	—
500	785	—	—	—	—	—
625	910	—	—	—	—	—
800	1080	—	—	—	—	—

Таблица 6.5

Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно свинцованными медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией прокладываемых в земле, воде, воздухе

Сечение токопроводя щей жилы, мм ²	Ток, А, трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	110	120	85	—	—	—
35	135	145	100	—	—	—
50	165	180	120	—	—	—
70	200	225	150	—	—	—
95	240	275	180	—	—	—
120	275	315	205	270	290	205
150	315	350	230	310	—	230
185	355	390	265	—	—	—

Таблица 6.6

Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно свинцованными алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе

Сечение токопроводя щей жилы, мм ²	Ток, А, трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	85	90	65	—	—	—
35	105	110	75	—	—	—
50	125	140	90	—	—	—
70	155	175	115	—	—	—
95	185	210	140	—	—	—
120	210	245	160	210	225	160
150	240	270	175	240	—	175
185	275	300	205	—	—	—

Таблица 6.7

Допустимы длительный ток для одножильных кабелей с медной жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей		
	до 3	20	35
10	85/–	–	–
16	120/–	–	–
25	145/–	105/110	–
35	170/–	125/135	–
50	215/–	155/165	–
70	260/–	185/205	–
95	305/–	220/255	–
120	330/–	245/290	240/265
150	360/–	270/330	265/300
185	385/–	290/360	285/335
240	435/–	320/395	315/380
300	460/–	350/425	340/420
400	485/–	370/450	–
500	505/–	–	–
625	525/–	–	–
800	550/–	–	–

Примечание: В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35–125 мм, в знаменателе – для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

Таблица 6.8

Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с алюминиевой жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей		
	до 3	20	35
1	2	3	4
10	65/–	–	–
16	90/–	–	–

Таблица 6.8 (окончание)

1	2	3	4
25	110/–	80/85	–
35	130/–	95/105	–
50	165/–	120/130	–
70	200/–	140/160	–
95	235/–	170/195	–
120	255/–	190/225	185/205
150	275/–	210/255	205/230
185	295/–	225/275	220/255
240	335/–	245/305	245/290
300	355/–	370/330	260/330
400	375/–	285/350	–
500	390/–	–	–
625	405/–	–	–
800	425/–	–	–

Для масло- и газонаполненных одножильных бронированных кабелей, а также других кабелей новых конструкций допустимые длительные токи устанавливаются заводами-изготовителями.

Таблица 6.9

**Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей,
лежащих рядом в земле**

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, несущих нагрузки меньше номинальных, разрешается кратковременная перегрузка, указанная в табл. 6.10.

Таблица 6.10

Допустимая кратковременная перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией

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

На период ликвидации послеаварийного режима для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией допускаются перегрузки в течение 5 суток в пределах, указанных в табл. 6.11.

Таблица 6.11

Допустимая на период ликвидации послеаварийного режима перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной при длительности максимум, ч		
		1	3	6
0,6	в земле	1,50	1,35	1,25
	в воздухе	1,35	1,25	1,25
	в трубах (в земле)	1,30	1,20	1,15
0,8	в земле	1,35	1,25	1,20
	в воздухе	1,30	1,25	1,25
	в трубах (в земле)	1,20	1,15	1,10

Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (российское обозначение – СПЭ, английское – XLPE, немецкое – VPE, шведское – PEХ) в Российской Федерации начали производиться на предприятии «АББ Москабель» в 1996 г. на напряжение 10–35 кВ, 110–220 кВ и 220–500 кВ, однофазной конструкции.

Благодаря своей конструкции, современной технологии изготовления и совершенным материалам, кабели среднего и высокого напряжения с СПЭ-изоляцией обладают наилучшими электротехническими и механическими свойствами и самым длительным сроком службы среди других типов кабеля,

выпускаемых серийно. Срок службы кабеля 110 кВ без пробоев составляет как минимум 50 лет. По пропускной способности эти кабели значительно превосходят кабели с бумажной и маслonaполненной изоляцией: по международным стандартам кабель рассчитан на работу в длительно-допустимом режиме при температуре жилы 90 °С, а в послеаварийном режиме и при более высокой температуре, в то время как бумажно-масляные кабели допускают нагрев лишь до 70 °С.

Одним из достоинств кабеля с СПЭ-изоляцией является его экологическая безопасность. Отсутствие жидких включений обеспечивает сохранение чистоты окружающей среды, что позволяет прокладывать кабель на любых объектах и эксплуатировать кабельные линии практически без обслуживания.

Благодаря преимущественно одножильной конструкции, кабель значительно легче прокладывать даже в самых тяжелых условиях. Прокладка кабеля может вестись при температуре до –20 °С.

Профилактических испытаний завод-изготовитель не требует.

Длительно допустимые токи силовых кабелей с СПЭ-изоляцией на напряжение 10-110 кВ приведены в табл. 6.12, 6.13, 6.14, 6.15.

Таблица 6.12

**Длительно допустимый ток силовых кабелей из сшитого полиэтилена
типа ПвП и АПвП напряжением 10 кВ**

Сечение, мм ²	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Длительно допустимый ток в земле, А. Размещение в треугольник:												
– медный;	220	270	320	360	410	460	530	600	680	750	830	920
– алюминиевый	170	210	250	280	320	360	415	475	540	610	680	735
Длительно допустимый ток в земле, А. Размещение в линию:												
– медный;	230	280	335	380	430	485	560	640	730	830	940	1030
– алюминиевый	175	215	260	295	330	375	440	495	570	650	750	820

Табл. 6.12 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Длительно допустимый ток в воздухе, А. Размещение в треугольник:												
– медный;	245	300	370	425	475	545	645	740	845	955	1115	1270
– алюминиевый	185	235	285	330	370	425	505	580	675	780	910	1050
Длительно допустимый ток в воздухе, А. Размещение в линию:												
– медный;	290	360	435	500	560	635	745	845	940	1050	1160	1340
– алюминиевый	225	280	340	390	440	505	595	680	770	865	1045	1195

Таблица 6.13

**Длительно допустимый ток силовых кабелей из сшитого полиэтилена
типа ПвП и АПвП напряжением 20 кВ**

Сечение, мм ²	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Длительно допустимый ток в земле, А. Размещение в треугольник:												
– медный;	225	270	325	365	415	465	540	615	700	780	860	970
– алюминиевый	175	215	255	290	330	370	425	480	550	550	690	760
Длительно допустимый ток в земле, А. Размещение в линию:												
– медный;	230	290	345	390	435	490	570	650	750	855	950	1050
– алюминиевый	185	225	270	305	350	390	450	510	600	685	770	850
Длительно допустимый ток в воздухе, А. Размещение в треугольник:												
– медный;	250	310	375	430	490	560	650	745	880	980	1130	1285
– алюминиевый	190	240	295	340	395	450	515	595	700	795	900	1025

Табл. 6.13 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Длительно допустимый ток в воздухе, А. Размещение в линию:												
– медный;	290	365	440	505	575	660	750	845	955	1060	1185	1340
– алюминиевый	225	280	345	395	450	515	595	680	785	875	970	1100

Таблица 6.14

**Длительно допустимый ток силовых кабелей из сшитого полиэтилена
типа ПвП и АПвП напряжением 35 кВ**

Сечение, мм ²	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
Длительно допустимый ток в земле, А. Размещение в треугольник:												
– медный;	225	270	325	365	415	465	540	615	700	780	860	970
– алюминиевый	175	215	355	290	330	370	425	480	550	620	690	760
Длительно допустимый ток в земле, А. Размещение в линию:												
– медный;	230	290	345	390	435	490	570	650	750	855	950	1050
– алюминиевый	185	225	270	305	350	390	450	510	600	685	770	850
Длительно допустимый ток в воздухе, А. Размещение в треугольник:												
– медный;	250	310	375	430	490	560	650	745	880	980	1130	1285
– алюминиевый	190	240	295	340	395	450	515	595	700	795	900	1025
Длительно допустимый ток в воздухе, А. Размещение в линию:												
– медный;	290	365	440	505	575	660	750	845	955	1060	1185	1340
– алюминиевый	225	280	345	395	450	515	595	680	785	875	970	1100

Таблица 6.15

**Длительно допустимый ток силовых кабелей из сшитого полиэтилена
типа ПвП и АПвП напряжением 110 кВ**

Сечение, мм ²	185	240	300	350	400	500	630	800
Длительно допустимый ток в земле, А. Размещение в треугольник:								
– медный;	500	575	650	715	755	840	935	1030
– алюминиевый	395	455	515	560	600	675	760	850
Длительно допустимый ток в земле, А. Размещение в линию:								
– медный;	451	507	557	581	611	667	724	777
– алюминиевый	366	416	461	486	514	572	631	690
Длительно допустимый ток в воздухе, А. Размещение в треугольник:								
– медный;	600	690	775	835	895	995	1115	1245
– алюминиевый	480	555	630	680	735	825	935	1060
Длительно допустимый ток в воздухе, А. Размещение в линию:								
– медный;	624	725	820	871	938	1065	1204	1352
– алюминиевый	495	576	656	702	758	872	999	1139

Длительно допустимые токи для кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках приведены в главе 10 «Эксплуатация электрических внутрицеховых сетей и освещения».

Осмотры кабельных линий напряжением до 35 кВ проводятся в следующие сроки:

- трасс кабелей, проложенных в земле, – не реже 1 раза в 3 месяца;
- трасс кабелей, проложенных на эстакадах, в туннелях, блоках, каналах, галереях и по стенам зданий, – не реже 1 раза в 6 месяцев;
- кабельных колодцев, – не реже 1 раза в 2 года;
- подводных кабелей – по местным инструкциям.

В период паводков после ливней и при отключении КЛ релейной защитой проводятся внеочередные осмотры.

Все неисправности, обнаруженные при осмотрах, заносятся в журнал дефектов и неполадок. И устраняются сразу после осмотров.

Осмотр туннелей, каналов на подстанциях с постоянным дежурным персоналом проводится 1 раз в месяц, без постоянного дежурного персонала – по местным инструкциям.

В районах с электрифицированным рельсовым транспортом или агрессивными грунтами на КЛ проводятся измерения блуждающих токов.

Кабельные линии в процессе эксплуатации подвергаются профилактическим испытаниям:

- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным выпрямленным напряжением;
- контроль заземлений;
- проверка антикоррозионных защит;
- измерение температуры кабелей;
- испытание пластмассовой оболочки (шланга) кабеля повышенным выпрямленным напряжением;
- измерение сопротивления изоляции силовых кабелей напряжением до 1 кВ – производится мегаомметром на напряжение 2500 В типа М4100/5 в течение 1 минуты.

Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. У силовых кабелей напряжением выше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется. Периодичность измерения сопротивления изоляции кабелей определяется местными инструкциями.

Периодичность испытаний повышенным выпрямленным напряжением кабелей до 35 кВ производится 1 раз в год в течение первых 5 лет эксплуатации, а в дальнейшем 1 раз в 2 года для кабельных линий, у которых в течение первых 5 лет не наблюдалось пробоев при испытаниях и в эксплуатации и 1 раз в год, если в этот период отмечались пробой изоляции, 1 раз в 3 года для кабельных линий на закрытых территориях (подстанции, заводы и др.). Рекомендуется производить измерения сопротивления изоляции кабелей на напряжение выше 1 кВ до и после испытания повышенным напряжением.

Внеочередные испытания КЛ, например, после ремонтных работ или раскопок, а также после автоматического отключения КЛ, определяются местными инструкциями.

Испытательные напряжения принимаются в соответствии с табл. 6.16.

Таблица 6.16

Испытательное выпрямленное напряжение силовых кабелей

Номинальное напряжение, кВ	0,66	1	2	3	6	10	20	35
кабели с бумажной изоляцией								
Испытательное напряжение, кВ	2,5	2,5	10–17	15–25	36	60	100	175
кабели с пластмассовой изоляцией								
Испытательное напряжение, кВ	–	2,5*	–	7,5	36	60	–	–
кабели с резиновой изоляцией**								
Испытательное напряжением, кВ	–	–	–	6	12	20	–	–

Примечание:

* испытание выпрямленным напряжением одножильных кабелей с пластмассовой изоляцией без брони, проложенных в воздухе не производится.

** изоляция проверяется мегаомметром на напряжение 2500 В, а испытание повышенным выпрямленным напряжением не производится, после ремонта кабелей, не связанных с перемонтажом кабелей.

Токи утечки и коэффициенты несимметрии для силовых кабелей принимаются в соответствии с табл. 6.17.

Таблица 6.17

Токи утечки и коэффициенты несимметрии для силовых кабелей

Кабели напряжение, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Допустимое значение тока утечки, мА	Допустимое значение коэффициента несимметрии*, I_{\max} / I_{\min}
6	36	0,2	2
10	60	0,5	3
20	100	1,5	3
35	175	2,5	3

Примечание: * для одножильных кабелей на напряжение 6–35 кВ коэффициенты асимметрии не нормируются.

Длительность приложения испытательного напряжения составляет:

- для кабелей на напряжение до 35 кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией при приемо-сдаточных испытаниях 10 минут, в процессе эксплуатации 5 минут;

- для кабелей на напряжение 3–10 кВ с резиновой изоляцией 5 минут.

Не проводятся испытания повышенным выпрямленным напряжением следующих кабелей:

- двух параллельных кабелей длиной менее 60 м, которые являются выводами линии из ТП и РП;

- кабелей со сроком эксплуатации более 15 лет, на которых удельное число пробоев составляет более 30 на 100 км в год;

- кабелей с резиновой изоляцией на напряжение до 1 кВ.

Наиболее характерными причинами повреждения изоляции кабелей являются:

- трещины или сквозные отверстия в оболочках;

- надломы изоляции жил, плохая пропайка соединительных зажимов, неполная заливка муфт мастикой, непропаянные шейки муфт;

- крутые изгибы на углах, изломы, вмятины, перекрутки кабеля в результате дефектов прокладки;

- пробой и вмятины от неаккуратной раскопки на кабельных трассах;

- коррозия оболочек кабелей, вызванная действием блуждающих токов или электрохимической коррозией;

- перегрев и старение изоляции.

Все эти причины приводят к коротким замыканиям и повреждениям кабеля. С целью определения места повреждения кабеля выявляется прежде всего вид повреждения, и в зависимости от этого выбирается соответствующий метод измерения. В кабельных линиях напряжением до 1 кВ, выявление вида повреждения осуществляют с помощью мегаомметра, которым измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы по отношению к земле и между каждой парой жил. При определении целостности токоведущих жил мегаомметром предварительно устанавливают «закоротку» с одного конца кабеля.

В кабельных линиях напряжением свыше 1 кВ вид повреждения определяется путем поочередного испытания каждой жилы повышенным выпрямленным напряжением, например, установкой типа АИИ-70. При двойном разрыве кабеля, повреждение изоляции жил в разных местах применяют установки типа ИКЛ-5. Все методы нахождения места повреждения кабельных линий разделяются на относительные и абсолютные. Относительные методы позволяют ориентировочно определить расстояние

до места повреждения на трассе, но для проведения работ применяют абсолютный метод, уточняется место раскопок.

Абсолютные методы это индукционный и акустический, относительные это импульсивный петлевой, колебательного разряда и емкостный.

При междуфазных повреждениях кабеля с переходным сопротивлением менее 50 Ом используют индукционный метод. По двум жилам кабеля пропускают ток от генератора звуковой частоты ГЗТЧ-4, который вокруг кабеля создает электромагнитное поле. С помощью кабелеискателя радиоприемного типа ИП-8 на трассе определяют наличие этого поля. За повреждением электромагнитное поле не обнаруживается.

Акустический метод основан на прослушивании звуковых колебаний над местом повреждения кабеля, которые создает искровой разряд генератора АИП-3м.

Если одна жила с поврежденной изоляцией не имеет обрыва, а в кабеле другая жила имеет неповрежденную изоляцию, применяют петлевой метод основанный на принципе моста постоянного тока. Емкостной метод применяется при обрыве кабеля в соединительных муфтах, измеряется емкость кабеля. Можно производить как на постоянном, так и на переменном токе.

При импульсном методе с использованием аппарата ИКЛ-5, в поврежденную кабельную линию посылается электрический импульс, и измеряется интервал времени от подачи до получения отраженного импульса.

Если в изоляции силовых кабелей повреждение обнаруживается только при приложении испытательного напряжения и пробой следуют один за другим с промежутками в несколько секунд, тогда применяется метод колебательного разряда с помощью цифрового прибора типа Щ4120. Прибор показывает расстояние в метрах (шкала прибора от 40 до 40000 м).

Для определения места повреждения кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена типа ПвП и АПвП применяется локатор замыкания на землю типа ESG80-2 немецкой фирмы Seba KMT или других фирм.

Контроль заземлений производится у металлических концевых муфт и заделок, а также проверяется целостность соединений заземлителей с заземляемыми элементами, оболочкой и броней кабеля. Переходное сопротивление у исправного соединения не превышает 0,05 Ом.

Проверка антикоррозионных защит устанавливается местными инструкциями (методика и сроки).

Измерение температуры кабелей осуществляется в соответствии с местными инструкциями. Для этого используется бесконтактный измеритель температуры (пирометр) типа ДИЭЛТЕСТ-ТЭ или дистанционный измеритель температуры типа ДИТ-2.

Испытание пластмассовой оболочки (шланга) кабеля повышенным выпрямленным напряжением 10 кВ производится между металлической оболочкой (экраном) и землей в течение 1 минуты. Испытания проводятся через год после ввода в эксплуатацию и затем 1 раз в 3 года.

При однофазном замыкании на землю в сетях выше 1 кВ, работающих с изолированной нейтралью, обслуживающий персонал немедленно сообщает об этом дежурному на питающей подстанции и в дальнейшем действует по его указанию. Однофазное замыкание на землю контролируется специальным устройством.

6.1. Техника безопасности при эксплуатации кабельных линий

Раскопка кабельных трасс производится после получения соответствующего разрешения вышестоящего руководства. Необходимо иметь сведения о точном расположении кабельной линии, ее глубине заложения, местонахождении различных коммуникаций.

Перед тем как выкопать траншею для устранения повреждения кабеля под надзором электротехнического персонала (наблюдателя) производится контрольное вскрытие грунта (шурфление) для уточнения расположения и глубины проложенного кабеля и устанавливаются временные ограждения, сигнальные огни и предупреждающие плакаты. Не допускается производство раскопок землеройными машинами. Использование отбойных молотков, ломов и кирок разрешается на глубине не более 0,4 м. Дальнейшая выемка грунта производится лопатами. В зимнее время к выемке грунта на глубину более 0,4 м приступают вручную лопатами только после его отогревания, при этом приближение источника тепла к кабелю не должно быть ближе 0,15 м.

При обнаружении неотмеченных на схемах трубопроводов и других коммуникаций необходимо приостановить работы до выяснения и дальнейшего разрешения на производство работ.

Работы немедленно прекращаются при появлении из под земли различных газов, при этом рабочие удаляются из опасных зон до выявления источника загазованности и его устранения. Дальнейшее производство работ допускается при наличии индикаторов для определения газа и обеспечение работающих противогазами. Рабочие должны быть проинструктированы о правилах поведения при появлении газа.

Стены траншеи надежно укрепляются при рытье их в слабом или влажном грунте. В сыпучих грунтах работы ведутся без крепления, но с откосами.

В грунтах естественной влажности траншеи с вертикальными стенками без крепления копают на глубину не более 1 м в насыпных грунтах, 1,25 м в супесях, 1,5 м в суглинках и глинах. В зимнее время допускается разработка грунта на глубину промерзания без крепления.

Перед вскрытием муфт на кабеле или его разрезанием убеждаются, что это тот кабель, который нужен, что он отключен от сети и произведены все необходимые технические мероприятия. При неуверенности в правильности выбора кабеля применяется кабелеискательный аппарат.

Непосредственно перед вскрытием соединительной муфты или разрезанием кабеля проверяют отсутствие напряжения с помощью специального приспособления, состоящего из изолирующей штанги и стальной иглы или режущего наконечника. Приспособление обеспечивает прокол или разрезание брони и оболочки кабеля до жил с замыканием их между собой и на землю. В туннелях, коллекторах и колодцах такое приспособление применяют только при дистанционном управлении. Прокол кабеля выполняет ответственный руководитель или допускающий, или под его наблюдением производитель работ. Прокалывать кабель следует в диэлектрических перчатках и защитных очках стоя на изолирующем основании. Прокалывающее приспособление имеет специальный заземлитель, погружаемый в грунт на глубину 0,5 м. Заземляющий проводник присоединяется к броне посредством хомутов. При наличии коррозии брони возможно присоединение заземляющего проводника к металлической оболочке кабеля. Нулевая жила отсоединяется с обоих концов кабеля при работе на четырехжильных кабелях напряжением до 1 кВ.

Осмотр колодцев и работы в них должны производить как минимум 2 человека. При этом люк ограждается или устанавливается предупреждающий знак. В колодце может находиться и работать один электрик с группой по электробезопасности не ниже III, при этом около люка должен дежурить второй человек. Не разрешается спускаться в колодец и работать в нем без монтерского пояса и веревки, выведенной наружу. Разрешается проводить осмотр туннелей одному электрику с группой не ниже IV. Перед началом осмотра проверяется отсутствие вредных для человека горючих газов. Проверку проводят люди, умеющие работать с газоанализаторами. Необходимо применять инструмент, не дающий искрообразования, а также избегать ударов крышки о горловину люка при открывании колодцев. Запрещается проверять отсутствие газов в колодце с помощью открытого

огня. Работа в колодцах, коллекторах и туннелях сразу прекращается при появлении газа, рабочие выводятся из опасной зоны. Вытеснение газов из колодца производится нагнетанием свежего воздуха от установленного снаружи вентилятора. Разжигать паяльные лампы, устанавливать газовые баллоны, разогревать мастику и припой разрешается только вне колодца. Разогревать мастику и припой и опускать их в колодец следует в закрытых сосудах.

В коллекторах, туннелях, кабельных полуэтажах и других помещениях с проложенными кабелями при использовании пропан-бутана суммарная вместимость баллонов не должна превышать 5 л. Должны применяться щитки из огнеупорного материала для предотвращения распространения пламени и быть наготове асбестовая ткань для тушения пожара.

Запрещается находиться в колодцах при прожигании кабеля, а также работать на них.

Перед допуском к работам и проведением осмотра в туннелях защита от пожара в них переводится с автоматического на дистанционное, а на ключе управления вывешивается плакат «Не включать. Работают люди».

Для освещения рабочих мест в колодцах и туннелях применяются светильники напряжением 12 В или аккумуляторные фонари, все во взрывозащищенном исполнении.

Глава 7. Эксплуатация воздушных линий электропередачи напряжением до 110 кВ

При эксплуатации воздушных линий (ВЛ) в них появляются различные неисправности и повреждения: например, деревянные опоры искривляются и занимают наклонное положение, в железобетонных опорах образуются трещины и выбоины, в проводах и грозозащитных тросах происходят обрывы отдельных проволок, в изоляторах появляются трещины и т.д. Эти неисправности могут быть обусловлены постоянным воздействием неблагоприятных климатических условий, оседание почвы вблизи опор и рядом других причин. Поэтому для своевременного обнаружения неисправностей, представляющих угрозу нормальной эксплуатации, а также предупреждения развития возникших неисправностей ВЛ периодически осматривают. Осмотры проводят по графику. Кроме периодических осмотров ВЛ проводят внеочередные осмотры.

Периодичность осмотров каждой ВЛ по всей длине проводят не реже 1 раза в год. Конкретные сроки определяются местными инструкциями.

Верховые осмотры с выборочной проверкой проводов и тросов в зажимах на ВЛ напряжением 35 кВ и выше, эксплуатируемых 20 лет и более, производятся 1 раз в 5 лет, на остальных ВЛ (участках) – 1 раз в 10 лет. На ВЛ 0,38–20 кВ верховые осмотры производятся при необходимости (местные инструкции).

Внеочередные осмотры ВЛ или их участков проводятся при образовании на проводах и тросах гололеда, при «пляске» проводов, во время ледохода и разлива рек, при пожарах в зоне трассы ВЛ, после сильных бурь, ураганов и других стихийных бедствий, а также после отключения ВЛ релейной защитой и неуспешного автоматического повторного включения (АПВ), а после успешного повторного включения – по мере необходимости.

При осмотре ВЛ необходимо проверять:

- противопожарное состояние трассы: в охранной зоне ВЛ не должно быть посторонних предметов, строений, стогов сена, штабелей леса, деревьев, угрожающих падением на линию или находящихся в опасной близости к проводам, складирования горючих материалов, костров; работы не должны выполняться сторонними организациями без письменного разрешения;

- состояние фундамента, приставок: не должно быть оседания или вспучивания грунта вокруг фундаментов, трещин и повреждений в фундаментах (приставках);

– состояние опор: не должно быть их наклонов или смещения в грунте, видимого загнивания деревянных опор, обгорания и расщепления деревянных деталей, нарушений целостности бандажей, сварных швов, болтовых и заклепочных соединений на металлических опорах, отрывов металлических элементов, коррозии металла, трещин и повреждений железобетонных опор, птичьих гнезд, других посторонних предметов на них. Установленные на опорах плакаты и знаки безопасности должны быть в наличии. Опоры линий электропередачи должны иметь следующие постоянные знаки: на всех опорах порядковый номер и год установки; номер линий или условное обозначение на всех опорах участка трассы с параллельно идущими линиями, на двухцепных опорах, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь; предостерегающие плакаты должны располагаться на высоте 2,5–3,0 м от земли – на всех опорах в населенной местности и на пересечениях с дорогами;

– состояние проводов и тросов: не должно быть обрывов и оплавлений отдельных проволок, набросов на провода и тросы, недопустимого изменения стрел провеса и расстояний от проводов до земли и объектов, смещения от места установки гасителей вибрации;

– состояние изоляторов: не должно быть боя, ожогов, трещин, загрязненности, повреждения глазури, неправильной насадки штыревых изоляторов на штыри или крюки, повреждения защитных рогов; гайки, замки или шпильки должны быть на местах;

– состояние арматуры: отсутствие трещин в ней, перетираания или деформации отдельных деталей;

– состояние разрядников коммутационной аппаратуры на ВЛ и концевых кабельных муфт на спусках: отсутствие повреждений или обрывов заземляющих спусков на опорах и у земли, нарушений контактов в болтовых соединениях молниезащитного троса с заземляющим спуском или телом опоры, разрушения коррозией элементов заземляющего устройства.

Профилактические проверки и измерения на ВЛ выполняются в следующих объемах и в следующие сроки:

– при проверке состояния трассы измеряется ширина просеки, высота деревьев и кустарников под проводами, расстояние элементов ВЛ до стволов деревьев и их кроны;

– на ВЛ с неизолированными проводами замеры производятся 1 раз в 3 года; измерения должны соответствовать установленным требованиям;

– при проверке состояния фундаментов измеряются размеры сколов и трещин фундаментов;

– уменьшение диаметра анкерных болтов, зазоры между пятой опорой и фундаментом не допускаются; периодичность измерений производится 1 раз в 6 лет;

– при проверке состояния опор измеряются: прогибы металлических опор и металлических элементов железобетонных опор; предельные значения допусков для стрелы прогиба (кривизны – траверсы опоры – 1:300 длины траверсы; стойка или подкос металлической опоры – 1:700 длины стойки, но не более 20 мм; тяжение в оттяжках не должно отличаться от проектного более чем на 20 %; допустимое отношение фактического сечения металлического элемента к проектному при сплошной коррозии должно быть не менее 0,9 – для несущих элементов, 0,8 – для ненесущих элементов, 0,7 – для косынок; при контроле железобетонных опор измеряются трещины, прогибы, разрушение бетона железобетонных опор и приставок: отклонение опоры от вертикальной оси одностоечной опоры не более 1:150, искривление стойки одностоечной свободностоящей опоры не более 10 см, ширина раскрытия поперечных трещин не более 0,6 мм, продольных трещин – 0,3 мм, площадь сквозного отверстия в бетоне стойки не более 25 см², площадь скола бетона с обнажением продольной арматуры не более 25 см²).

Деревянные опоры и пасынки периодически проверяют на загнивание. При проверке древесину, скрытую в грунте отрывают на глубину 0,3÷0,5 м. Глубина загнивания опоры измеряется специальным щупом с полусантиметровыми делениями; щуп вводится в древесину нажатием руки. Забивать щуп молотком воспрещается. Опора или пасынок считается не пригодными для дальнейшей эксплуатации, если глубина прогнивания по радиусу бревна больше 3 см при диаметре бревна 25 см и более. Измерения производятся с периодичностью 1 раз в 6 лет.

Контроль стрел провеса производится периодичностью 1 раз в 6 лет на 2–5 % пролетов. Фактическая стрела провеса не должна отличаться от проектной более чем на 5 %.

Измерение распределения напряжения по изоляторам в гирляндах с фарфоровыми изоляторами производится на ВЛ, находящейся под напряжением измерительной штангой 1 раз в 6 лет. Изолятор бракуется, если значение измерительного на нем напряжения меньше 50 %, указанного в табл. 7.1.

Таблица 7.1

**Распределение напряжения по подвесным фарфоровым изоляторам
гирлянд ВЛ 35-110 кВ**

Напряжение ВЛ, кВ	Кол-во изоляторов в гирлянде	Напряжение, кВ, на изоляторе номер (считая от конструкции)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
110	8	8	6	5	4,5	6,5	8	10	17
	7	9	6	5	7	8,5	10	18,5	—
	6	10	8	7	9	11	19	—	—
35	4	4	3	5	8	—	—	—	—
	3	6	5	9	—	—	—	—	—
	2	10	10	—	—	—	—	—	—

Примечание: сумма напряжений, измеренных по изоляторам гирлянды, не должна отличаться от фазного напряжения ВЛ более чем на $\pm 10\%$ для гирлянд на металлических и железобетонных опорах и более чем на $\pm 20\%$ – на деревянных.

При проверке изоляторов штангой с постоянным искровым промежутком изолятор бракуется, если пробой промежутка не происходит при напряжении, соответствующем дефектному состоянию наименее электрически нагруженного изолятора гирлянды.

Возможна дистанционная проверка изоляторов с использованием инфракрасных и/или электронно-оптических приборов. Отбраковка изоляторов производится в соответствии с инструкциями по применению приборов. При положительных результатах проверку распределения напряжения по изоляторам не производят.

Контроль заземляющих устройств ВЛ рассматривается в главе 8 пункт 8.4, эксплуатация заземляющих устройств.

На ВЛ напряжением выше 1 кВ, подверженных интенсивному гололедообразованию, следует осуществлять плавку гололеда электрическим током. При этом необходимо контролировать процесс гололедообразования и своевременно включать схему плавки гололеда. Возможна и автоматическая плавка гололеда.

В электрических сетях 6÷35 кВ с малыми токами замыкания на землю разрешается работа ВЛ с заземленной фазой; при этом персонал обязан отыскать место повреждения и устранить его в кратчайший срок. Обслуживающий персонал ВЛ должен быть подготовленным и допущенным к технической эксплуатации ВЛ.

7.1. Техника безопасности при обходах и осмотрах воздушных линий

При обходах и осмотрах ВЛ производитель работ не назначается. Во время осмотра ВЛ не разрешается выполнять какие-либо ремонтные и восстановительные работы, а также подниматься на опору и ее конструктивные элементы. Подъем на опору разрешается только при верхнем осмотре ВЛ. При этом проводится целевой инструктаж.

В труднопроходимой местности (болота, водные преграды, горы, лесные завалы и т.п.) и в условиях неблагоприятной погоды (дождь, снегопад, сильный мороз и т.п.), а также в темное время суток осмотр ВЛ выполняется двумя работниками, имеющими группу II, один из них старший. В остальных случаях осмотр ВЛ производит один работник, имеющий группу II. При проведении осмотра ВЛ в темное время суток не разрешается идти под проводами.

При поиске повреждений осматривающие ВЛ должны иметь при себе предупреждающие знаки или плакаты.

При проведении обходов обеспечивается связь с диспетчером.

Не разрешается приближаться на расстояние менее 8 м к лежащему на земле проводу ВЛ напряжением выше 1 кВ, к находящимся под напряжением железобетонным опорам ВЛ напряжением 6–35 кВ при наличии признаков протекания тока замыкания на землю (повреждение изоляторов, прикосновение провода к телу опоры, испарение влаги из почвы, возникновение электрической дуги на стойках и в местах заделки опоры в грунте и др.). В этих случаях вблизи провода или опоры организовывается охрана для предотвращения приближения к месту замыкания людей и животных, устанавливаются по мере возможности предупреждающие знаки или плакаты, сообщается диспетчеру о происшедшем.

При верховом осмотре ВЛ подниматься на опору разрешается после проверки достаточной устойчивости и прочности опоры, особенно ее основания. Верховой осмотр ВЛ выполняется двумя работниками, допущенными к верхолазным работам, имеющими группу II. Подниматься на опору возможно не выше уровня, при котором от головы работника до уровня нижних проводов ВЛ остается расстояние 2 м. При подъеме на деревянную и железобетонную опоры строп предохранительного пояса следует заводить за стойку. Не разрешается на угловых опорах со штыревыми изоляторами подниматься со стороны внутреннего угла.

7.2. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ на воздушных линиях электропередачи

По наряду на ВЛ должны производиться работы:

- со снятием напряжения;
- без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением: с подъемом выше 3 м от уровня земли, считая от ног человека; с разборкой конструктивных частей опоры; с откапыванием стоек опоры на глубину более 0,5 м; с применением механизмов и грузоподъемных машин в охранной зоне ВЛ; по расчистке трассы ВЛ с принятием мер, предотвращающих падение на провода вырубаемых деревьев или когда обрубка веток и сучьев связана с опасным приближением людей к проводам или с возможностью падения веток и сучьев на провода.

Выдается отдельный наряд на каждую ВЛ, а на многоцепной линии на каждую цепь, за исключением работ на ВЛ напряжением до 1 кВ, выполняемых поочередно с оформлением перехода с одной линии на другую.

В наряде на производство работ со снятием напряжения на ремонтируемой ВЛ должно быть указано, какие линии, пересекающие ее, требуется отключить и заземлить (с наложением заземления и вблизи рабочих мест). Такое же указание должно быть и относительно ВЛ, находящихся вблизи проведения ремонтных работ, если требуется их отключение по условиям производства работ.

Заземление ВЛ должно быть выполнено до допуска к работам, и снимать его запрещается до полного окончания работ. Не снимаются заземления ВЛ и в конце рабочего дня. На следующий день допуск бригады к работе производится при целости заземлений и их надежном присоединении.

Глава 8. Эксплуатация электрооборудования подстанций и распределительных устройств

8.1. Эксплуатация силовых трансформаторов

В объем технического обслуживания силовых трансформаторов входят очередные и внеочередные осмотры. Очередные осмотры без отключения трансформаторов производятся в следующие сроки:

- главные понижающие трансформаторы подстанций с постоянным дежурным персоналом – 1 раз в сутки;
- остальные трансформаторы электроустановок с постоянным и без постоянного дежурного персонала – 1 раз в месяц;
- на трансформаторных пунктах – не реже 1 раза в месяц.

В зависимости от местных условий, конструкции и состояния трансформаторов приведенные сроки могут быть изменены ответственным за электрохозяйство.

При осмотре силовых трансформаторов проверяют нагрузку трансформаторов, уровень напряжения, температуру верхних слоев масла; состояние боков трансформаторов; отсутствие течи масла; соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке; состояние изоляторов, маслоохлаждающих и маслосборных устройств, ошиновки и кабелей; отсутствие нагрева контактных соединений; исправности пробивных предохранителей и сигнализации; состояние сети заземления; состояние установок пожаротушения.

Температуру верхних слоев масла устанавливают по термосигнализаторам и термометрам, которыми оснащены трансформаторы с расширителем. У герметичных трансформаторов контролируют давление в баке по мановакуумметру. При повышении давления в баке выше 50 кПа ($0,5 \text{ кгс/см}^2$) нагрузка трансформатора снижается. При номинальной нагрузке трансформатора температура верхних слоев масла не должна превышать 75°C у трансформаторов с системой масляного охлаждения с дутьем и принудительной циркуляцией масла (ДЦ), 95°C – с системой масляного охлаждения (М) и масляного охлаждения с дутьем (Д), 70°C у трансформаторов с системой масляного охлаждения с принудительной циркуляцией масла через водоохладитель (Ц). Работа трансформаторов с номинальной нагрузкой с системами охлаждения М и Д разрешается при любой отрицательной температуре воздуха, а с системами охлаждения ДЦ и Ц – при температуре воздуха не ниже минус 25°C .

В аварийных условиях работа трансформаторов с номинальной нагрузкой возможна независимо от температуры окружающего воздуха.

В аварийных режимах разрешается кратковременная перегрузка трансформаторов выше номинального тока при всех системах охлаждения независимо от длительности и значения предшествующей нагрузки и температуры охлаждающей среды в следующих пределах:

Масляные трансформаторы:

- перегрузка по току, %: 30; 45; 60; 75; 100;
- длительность перегрузки, мин: 120; 80; 45; 20; 10.

Сухие трансформаторы:

- перегрузка по току, %: 20; 30; 40; 50; 60;
- длительность перегрузки, мин: 60; 45; 32; 18; 5.

Для трансформаторов с системами охлаждения Д при аварийном отключении всех вентиляторов разрешается работа с номинальной нагрузкой в зависимости от изменения температуры воздуха в течение времени:

- Температура окружающего воздуха, °С: -15; -10; 0; 10; 20; 30.
- Допустимая длительность работы, ч: 60; 40; 16; 10; 60; 4.

Трансформаторы с системами охлаждения ДЦ и Ц эксплуатируются в соответствии с заводской инструкцией.

Гравийная засыпка маслоприемников должна содержаться в чистом состоянии и не реже одного раза в год промываться. При сильном загрязнении или невозможности его промывки гравий заменяется.

Внеочередные осмотры трансформаторов производят после неблагоприятных погодных воздействий (гроза, резкое изменение температуры, сильный ветер или др.), при работе газовой защиты на сигнал, а так же при отключении трансформатора газовой или дифференциальной защитой.

Трансформатор аварийно выводят из работы при обнаружении:

- сильного неравномерного шума и потрескивания внутри трансформатора;
- ненормального и постоянно возрастающего нагрева трансформатора при нагрузке ниже номинальной и нормальной работе устройств охлаждения;
- выброса масла из расширителя или разрыва диафрагмы выхлопной трубы;
- течи масла с понижением его уровня ниже уровня масломерного стекла;
- при необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов.

Трансформаторы мощностью 1000 кВА и более эксплуатируются с системой непрерывной регенерации масла в термосифонных и адсорбных фильтрах. Периодичность испытания трансформаторов и их элементов, находящихся в эксплуатации производится по заводским инструкциям. После текущих и капитальных ремонтов испытание трансформаторов перед включением обязательно.

Испытание трансформаторного масла из трансформаторов, находящихся в эксплуатации, производится в следующие сроки:

- не реже 1 раза в 5 лет для трансформаторов мощностью выше 630 кВА, работающих с термосифонными фильтрами (сокращенный анализ);
- не реже 1 раза в 2 года для трансформаторов мощностью выше 630 кВА, работающих без термосифонных фильтров (сокращенный анализ).

Периодичность отбора проб масла трансформаторов напряжением 110 кВ для анализ газов, растворенных в масле производится в соответствии с методическими указаниями по диагностике.

При сокращенном анализе эксплуатационного масла проверяется пробивное напряжение, кВ; кислотное число, мг КОН/г масла; температура вспышки, °С.

Для трансформаторного масла устанавливаются две области эксплуатации: нормально допустимая – при этом гарантируется нормальная работа электрооборудования; предельно допустимая – ниже которой масло необходимо заменить.

Основным показателем является пробивное напряжение, кВ.

У трансформаторов, снабженных термосифонными фильтрами, при эксплуатации контролируют циркуляцию масла через фильтр по нагреву верхней части его кожуха. Контроль за состоянием индикаторного силикагеля сводится к наблюдению за его цветом, который должен иметь равномерную голубую окраску зерен. Изменение цвета зерен силикагеля на розовый свидетельствует о его увлажнении и необходимости его замены.

Показатели качества трансформаторного масла приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Показатели качества трансформаторного масла (сокращенный анализ)

№ п/п	Наименование показателя	Категория электрооборудования	Эксплуатационное масло	
			Нормально допустимое	Предельно допустимое
1	Пробивное напряжение, кВ	Электрооборудование до 15 кВ включительно до 35 кВ включительно до 150 кВ включительно	25 30 40	20 25 35
2	Кислотное число, мг КОН/г масла	Электрооборудование до 110 кВ включительно	0,1	0,25
3	Температура вспышки, °С	Электрооборудование до 110 кВ включительно	130	125

Результаты испытаний оформляются актами или протоколами и хранятся вместе с документами на трансформатор. При неудовлетворительных результатах испытаний масла проводится измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора.

Отключенный релейной защитой трансформатор разрешается включать только после его осмотра, испытаний, проверки газа из газового реле и устранения неисправностей. Испытание трансформаторов после текущих и капитальных ремонтов, перед его включением производится обязательно.

8.1.1. Нормы и объем испытаний силовых трансформаторов

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток.

Измерение производится мегаомметром М 4100/5 напряжением 2500 В. Рекомендуется применять мегаомметр электронной системы Ф 4108.

У трансформаторов до 110 кВ включительно измеряется R_{60} , R_{15} , отношение R_{60}/R_{15} , $\lg \delta$.

Наименование допустимые сопротивления R_{60} при температуре 20 °С составляет:

- масляные до 35 кВ – 300 МОм;
- масляные 110 кВ – 600 МОм;
- сухие до 6 кВ – 300 МОм;
- сухие более 6 кВ – 500 МОм.

Наименьшее отношение $R_{60}/R_{15} \geq 1,3$ (коэффициент адсорбции), где R_{60} – сопротивление изоляции обмоток через 60 с, R_{15} – через 15 с.

Схема измерения:

Обмотка, на которой производится измерение	Заземление частей трансформатора
НН	ВН, бак
ВН	НН, бак
ВН+НН	бак

Где НН – обмотка низшего напряжения, ВН – обмотка высшего напряжения.

Перед началом каждого измерения испытываемую обмотку заземляют на время 120 с. Заземление тех или иных частей трансформатора зависит от обмотки, на которой производится измерение.

В процессе эксплуатации разрешается проводить измерения по зонам изоляции (например, ВН-бак, НН-бак, ВН-НН) с подсоединением вывода «экран» мегаомметра к свободной обмотке или баку.

2. Измерение тангенса диэлектрических потерь ($\operatorname{tg} \delta$) изоляции обмоток.

Наибольшие допустимые значения $\operatorname{tg} \delta$ изоляции обмоток трансформаторов в масле напряжением 35 кВ, мощностью более 10000 кВА и 110 кВ всех мощностей при температуре 20 °С составляет 2,5.

Измерение производится мостом переменного тока Р5083 или Р5084 по схеме, представленной на рис. 8.1.

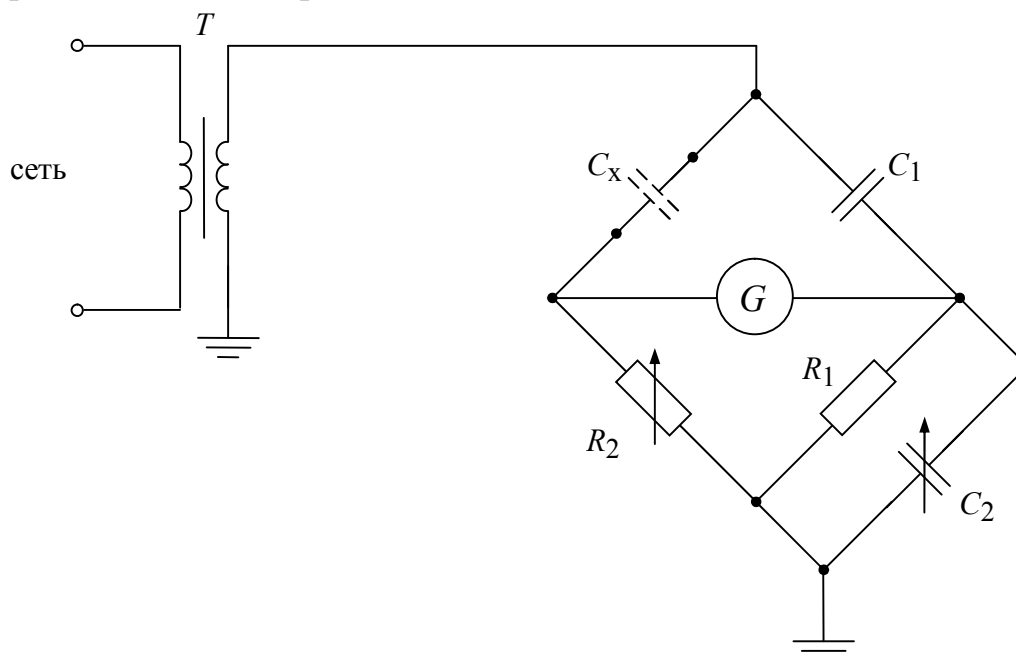


Рис. 8.1. Схема измерения угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg} \delta$): T – питающий трансформатор; C_1 – образцовый конденсатор; R_2 – регулировочный резистор; C_2 – регулировочный конденсатор; C_x – обмотка трансформатора; G – гальванометр

В процессе эксплуатации значение $\operatorname{tg} \delta$ не нормируется и проводится при неудовлетворительных испытаниях масла.

3. Измерение сопротивления стяжных шпилек, бандажей, ярмовых балок.

Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции стяжных шпилек, бандажей – 2 МОм, а ярмовых балок – 0,5 МОм.

4. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытание проводится в течение 1 мин.

Нормы испытательного напряжения приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

**Испытательное напряжения промышленной частоты
в эксплуатации силовых трансформаторов**

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ	
	Нормальная изоляция	Облегченная изоляция*
до 0,69	4,3	2,6
3	15,3	8,5
6	21,3	13,6
10	29,8	20,4
15	38,3	31,5
20	46,8	42,5
35	72,3	–

Примечание:

* испытательные напряжения герметизированных трансформаторов принимаются в соответствии с указаниями заводов-изготовителей.

Испытание изоляции стяжных шпилек бандажей, ярмовых балок производится напряжением 1 кВ в течение 1 мин.

5. Измерение сопротивления обмоток трансформаторов постоянного тока.

Сопротивление обмоток считается нормальным, если оно не отличается более чем на 2 % от заводских и предыдущих эксплуатационных измерений.

При эксплуатации измерение сопротивления обмоток постоянного тока проводится при комплексных испытаниях трансформатора.

Измерение производится способом падения напряжения или при помощи измерительного моста постоянного тока.

Измерение сопротивления менее 0,0001 Ом производится с помощью двойного измерительного моста.

Величина постоянного тока при измерении принимается $0,2 I_H$.

При измерении сопротивления одной обмотки, другие обмотки должны быть разомкнуты.

Источником питания служит аккумуляторная батарея.

6. Испытание бака трансформатора.

Испытание производится гидравлическим давлением столба масла, высота которого над уровнем заполненного расширителя принимается равной 0,6 м для трубчатых и гладких баков; для баков волнистых и с пластинчатыми радиаторами – 0,3 м. Продолжительность испытания 3 ч, при температуре масла от 10 до 20 °С. Целью испытания является проверка бака на отсутствие течи масла.

8.2. Эксплуатация распределительных устройств и подстанций

Осмотры распределительных устройств (РУ) без отключения проводятся в следующие сроки:

- 1 раз в сутки на объектах с постоянным дежурным персоналом;
- 1 раз в месяц в темное время суток для выявления разрядов, коронирования;
- 1 раз в месяц на объектах без постоянного дежурного персонала;
- 1 раз в 6 месяцев в трансформаторных и распределительных пунктах.

При неблагоприятной погоде (сильный туман, мокрый снег, гололед и т.д.) или сильном загрязнении на открытых распределительных устройствах проводятся дополнительные осмотры.

Все замеченные неисправности заносятся в журнал дефектов и неполадок на оборудовании и о них сообщается ответственному за электрохозяйство. Замеченные неисправности устраняются в кратчайший срок.

При осмотре РУ особое внимание обращается на следующее:

- состояние помещения, исправность дверей и окон, отсутствие течи в кровле и междуэтажных перекрытиях, наличие и исправность замков;
- исправность отопления и вентиляции, освещения и сети заземления;
- наличие средств пожаротушения;
- наличие испытанных защитных средств;
- укомплектованность медицинской аптечкой;
- уровень и температуру масла, отсутствие течи масла в аппаратах;
- состояние контактов рубильников, автоматических выключателей щита низкого напряжения;
- целостность пломб у счетчиков;

- состояние изоляции (запыленность, наличие трещин, разрядов и т.п.);
- отсутствие повреждений и следов коррозии, вибрации и треска у элегазового оборудования;
- работу системы сигнализации;
- давление воздуха в баках воздушных выключателей;
- давление сжатого воздуха в резервуарах пневматических приводов выключателей;
- отсутствие утечек сжатого воздуха;
- исправность и правильность показаний указателей положения выключателей;
- наличие вентиляции полюсов воздушных выключателей;
- действие устройств электроподогрева в холодное время года;
- плотность закрытия шкафов управления.

В помещениях РУ должны находиться инструкции по допустимым режимам работы оборудования в нормальных и аварийных условиях, а также запас калиброванных плавких вставок предохранителей. Применение плавких некалиброванных вставок не разрешается.

Оборудование РУ должно периодически очищаться от пыли и грязи. Сроки очистки устанавливаются местными инструкциями. Уборку помещений РУ и очистку электрооборудования выполняет обученный персонал с соблюдением правил электробезопасности.

В помещениях РУ должны находиться электрозащитные средства и средства индивидуальной защиты в соответствии с местной инструкцией, защитные противопожарные средства (песок, огнетушители) и средства для оказания первой помощи пострадавшим от несчастных случаев.

Для наложения заземлений в РУ напряжением выше 1 кВ применяются стационарные заземляющие ножи. Рукоятки приводов заземляющих ножей окрашиваются в красный цвет, а сами приводы – в черный. При отсутствии заземляющих ножей подготавливаются и обозначаются места присоединения переносных заземлений к токоведущим частям и заземляющему устройству.

Шарнирные соединения, подшипники и трущиеся поверхности механизмов выключателей, разъединителей, отделителей, короткозамыкателей и их приводов смазываются низкотемпературными смазками.

Сжатый воздух, используемый в воздушных выключателях в процессе эксплуатации, очищается продувкой не реже 1 раза в 2 месяца.

Влажность элегаза в элегазовых комплектных распределительных устройствах (КРУЭ) контролируется 2 раза в год (зимой и летом).

Проверка гасительных камер выключателей нагрузки, установление степени износа газогенерирующих вкладышей и обогревания неподвижных дугогасящих контактов производится периодически в сроки, установленные местными инструкциями в зависимости от частоты операций. Слив влаги из баков масляных выключателей осуществляется 2 раза в год (весной и осенью).

При обслуживании КРУ необходимо руководствоваться не только ПТЭ и ПТБ, но и инструкциями завода-изготовителя.

В выкатных КРУ для проведения работ отключают выключатель разъединителями, встроенными в КРУ, заземляют отходящую линию, устанавливают тележку в ремонтное положение и проверяют нижние разъединяющие контакты на отсутствие напряжения. Далее включают заземляющий разъединитель и устанавливают его в испытательное положение, (если нет необходимости вести работы внутри шкафа).

Выкатка тележки с выключателем и установка ее в рабочее положение производится оперативным (дежурным) персоналом. Установка тележки в рабочее положение возможна только при отключенном заземляющем разъединителе.

Сборные и соединительные шины РУ проверяются и испытываются 1 раз в 6 лет в следующем объеме:

- проверка качества выполнения болтовых, опрессованных, сварных контактных соединений шин;
- проверка сопротивления изоляции подвесных и опорных фарфоровых изоляторов;
- испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты.

Проверка качества выполнения контактных соединений проводится выборочно: вскрытие болтовых соединений 2–3 % от количества соединений; измерение переходного сопротивления контактных соединений – 3 % у сборных и соединительных шин на ток 1000 А и более. Величина падения напряжения или сопротивления на участке шины 0,7 м в месте контактного соединения не должны превышать падение напряжения или сопротивления участка шин той же длины и того же сечения более чем в 1,2 раза.

При измерении качества контактных соединений способом падения напряжения применяется схема, приведенная на рис. 8.2.

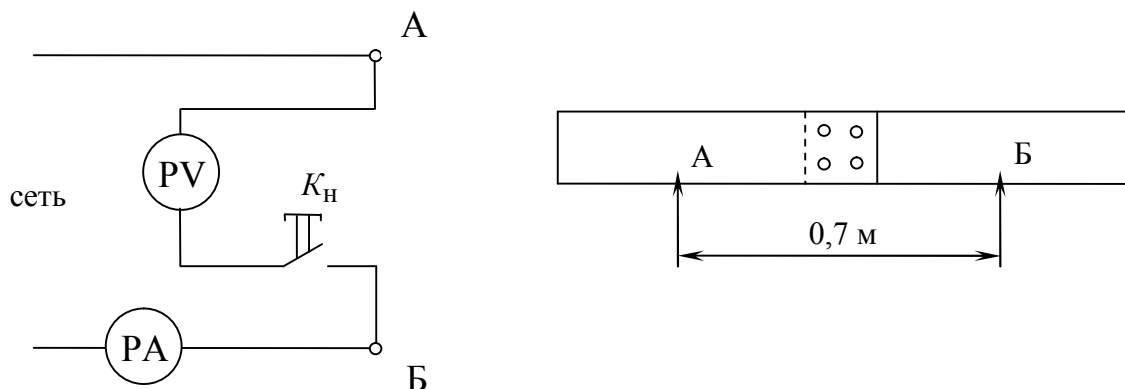


Рис. 8.2. Схемы контактных соединений шин: А, Б – шины; V – вольтметр; K_H – контактная кнопка; А – амперметр

Согласно схеме 8.2, сопротивление определяется:

$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}},$$

где R_V – сопротивление вольтметра.

Сопротивление также можно определять мостом постоянного тока типа Р333 или Р3009.

Измерение сопротивления подвесных и опорных изоляторов производится мегаомметром на напряжение 2500 В при положительной температуре окружающего воздуха. Сопротивление каждого изолятора должно соответствовать норме – 300 МОм.

Испытание изоляции РУ повышенным напряжением промышленной частоты производится в соответствии с данными табл. 8.3.

Таблица 8.3

Испытательные напряжения промышленной частоты

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ	
	Аппараты, трансформаторы тока и напряжения, изоляторы, вводы, сборные шины, КРУ	
	Фарфоровая изоляция	Другие виды изоляции
до 0,69	1,0	1,0
3	24	21,6
6	32	28,8
10	42	37,8
15	55	49,5
20	65	58,5
35	95	85,5

Испытание проводится в течение 1 минуты.

Проверка и испытание изоляции электрооборудования РУ в процессе эксплуатации проводятся в сроки, устанавливаемые местными инструкциями.

Испытание трансформаторного масла из баков масляных выключателей в процессе эксплуатации проводится при выполнении ими предельно допустимого числа коммутаций (отключений и включений) токов короткого замыкания. Предельное количество отключений определяется заводом-изготовителем, а также местными инструкциями.

Пробивное напряжение масла для выключателей 110 кВ – 60 кВ, на напряжение до 35 кВ – 25 кВ, на напряжение до 15 кВ – 20 кВ.

Масло из баковых выключателей на напряжение до 35 кВ и маломасляных (малообъемных) выключателей на все классы напряжения после выполнения ими предельно допустимого числа коммутаций токов КЗ не испытывается, а заменяется свежим.

У трансформаторов тока и напряжения трансформаторное масло испытывается 1 раз в два года. Пробивное напряжение 60, 25, 20 кВ соответствует классу напряжения 110, до 35, до 15 кВ. Масло из трансформаторов напряжения до 35 кВ разрешается не испытывать.

У всех типов выключателей, выключателей нагрузки, предохранителей–разъединителей, разъединителей, короткозамыкателей, отделителей, вентильных разрядников, трансформаторов тока, напряжения проводится тепловизионный контроль в соответствии с установленными нормами и инструкциями заводов-изготовителей.

У вентильных разрядников проверяется сопротивление изоляции 1 раз в 6 лет. Сопротивление нормируется 1000 МОм на напряжение 3 кВ, 3000 МОм – на напряжение 110 кВ. Измерение проводится мегаомметром на напряжение 2500 В.

Капитальный ремонт оборудования распределительных устройств и подстанций производится в следующие сроки:

- масляных и электромагнитных выключателей 1 раз в 6–8 лет;
- воздушных выключателей 1 раз в 4–6 лет;
- отделителей и короткозамыкателей 1 раз в 2–3 года;
- компрессоров 1 раз в 2–3 года;
- КРУЭ 1 раз в 10–12 лет;
- элегазовых и вакуумных выключателей 1 раз в 10 лет;
- токопроводов 1 раз в 8 лет.

Разъединители внутренней установки ремонтируются по мере необходимости.

При техническом обслуживании комплектных трансформаторных подстанций (КТП) производится регулярное наблюдение и уход за силовыми трансформаторами и коммутационной аппаратурой распределительных щитов. Токи нагрузок при нормальной эксплуатации определяются заводскими инструкциями. При аварийном режиме допускается перегрузка линий, отходящих от КТП, если они защищаются автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями. Периодичность осмотров КТП устанавливается местной инструкцией в зависимости от условий работы, температуры окружающей среды, запыленности и т.п., например, для механических цехов 1 раз в 6 месяцев. Осмотр производится при полном снятии напряжения, при этом, проводя чистку от пыли и грязи всех устройств подстанции, проверяют болтовые соединения.

Осмотр РУ на напряжение до 1 кВ проводят 1 раз в 3 месяца или в сроки устанавливаемые местной инструкцией.

При техническом обслуживании осматривают состояние контактных соединений сборных шин, состояние и работоспособность электрических аппаратов (рубильники, контакторы, автоматические выключатели, предохранители, магнитные пускатели).

Измерение сопротивления изоляции сборных шин производится мегаомметром на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

Проверка качества выполнения контактных соединений шин производится также как и в РУ напряжением выше 1 кВ.

При внешнем осмотре электрических аппаратов обращают внимание на:

- соответствие установленных аппаратов току нагрузки защищаемого оборудования;
- соответствие тепловых элементов реле току защищаемого двигателя;
- отсутствие механических повреждений аппарата;
- состояние всех контактов аппаратов, отсутствие на них грязи, ржавчины, особенно в местах прилегания якоря и сердечника магнитопровода. При наличии воздушного зазора при касании якорем сердечника магнитопровода уменьшается сопротивление катушки, в связи с чем увеличивается ток и катушка может перегреться и выйти из строя;
- отсутствие перекосов контактов и подвижных деталей, наличие их свободного хода;
- исправность возвратных пружин подвижных систем;
- работу механической блокировки реверсивных пускателей.

Для испытания электрических аппаратов и вторичных цепей схем защиты, управления, сигнализации и измерения до 1 кВ необходимо провести:

- измерение сопротивления изоляции;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- проверку действий максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматов;
- проверку работы автоматов и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока;
- проверку релейной защиты.

Измерение сопротивления изоляции производится мегаомметром на напряжение 1000 В типа М4100/4 или электронной системы Ф4102/1. Сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм. Измерение проводится со всеми присоединенными аппаратами.

Величина испытательного напряжения составляет 1000 В, продолжительность приложенного испытательного напряжения – 1 минута.

Проверка действия расцепителей производится у автоматов с номинальным током 200 А и более. Пределы срабатывания должны соответствовать данным завода-изготовителя.

Проверка работы автоматов и контакторов при пониженном и номинальном напряжении производится многократными включениями и отключениями с табл. 8.4.

Таблица 8.4

**Испытание автоматов и контакторов многократными
включениями и отключениями**

Операция	Напряжение оперативного тока, % номинального	Количество операций
Включение	90	5
Включение и отключение	100	5
Отключение	80	10

Силовое электрооборудование РУ и подстанций защищается от коротких замыканий и нарушений нормальных режимов устройствами релейной защиты. Техническое обслуживание, испытания и измерения устройств релейной защиты, автоматики и телемеханики осуществляется персоналом служб релейной защиты (лабораторией), центральной или

местной. При отсутствии такой лаборатории на предприятии привлекается специализированная организация.

Проверка, испытания и измерения устройств релейной защиты, автоматики и телемеханики производятся в соответствии с действующими правилами и инструкциями и поэтому здесь не рассматриваются.

8.3. Эксплуатация конденсаторных установок

Осмотр конденсаторной установки (без отключения) напряжением от 0,22 до 10 кВ, предназначенной для компенсации реактивной мощности, проводится в сроки, установленные местной инструкцией, но не реже 1 раза в сутки на объектах с постоянным дежурством персонала и не реже 1 раза в месяц на объектах без постоянного дежурства.

Внеочередной осмотр конденсаторной установки проводится в случае повышения напряжения или температуры окружающего воздуха до значений близких к максимально допустимым, действия защитных устройств внешних воздействий, представляющих опасность для нормальной работы установки, а также перед ее включением.

При осмотре конденсаторной установки проверяют:

- исправность ограждений и запоров, отсутствие посторонних предметов;
- значение напряжения, токов, температуры окружающего воздуха, равномерность нагрузки отдельных фаз;
- техническое состояние аппаратов, оборудования, контактных соединений, целостность и степень загрязнения изоляции;
- отсутствие капельной течи пропитывающей жидкости и недопустимого вздутия стенок корпусов конденсаторов;
- наличие и состояние средств пожаротушения;
- наличие и состояние средств защиты (специальные штанги и др.).

О результатах осмотра делается соответствующая запись в оперативном журнале.

Конденсаторная установка обеспечивается:

- однолинейной принципиальной схемой с указанием номинальных токов плавких вставок предохранителей, а также тока уставок автоматического выключателя (если таковой имеется);
- резервным запасом предохранителей на соответствующие токи плавких вставок;

- прибором для измерения температуры окружающего воздуха, при этом обеспечивается возможность наблюдения за его показаниями без отключения конденсаторной установки и снятия ограждений;
- специальной штангой для контрольного разряда конденсаторов хранящейся в помещении конденсаторной установки;
- противопожарными средствами (огнетушители, ящик с песком и совком);
- на поверхности корпусов конденсаторов батареи наносятся порядковые номера;
- на дверях снаружи и внутри камер, дверях шкафов конденсаторных батарей наносятся надписи, указывающие их диспетчерское наименование. На внешней стороне дверей камер, а также шкафов конденсаторных батарей, установленных в производственных помещениях, наносятся несмываемой краской знаки безопасности.

Эксплуатация конденсаторной установки запрещается:

- при повышении напряжения свыше 110 % от номинального значения, (при напряжении равном 110 % от номинального значения, продолжительность работы конденсаторной установки в течение суток разрешается не более 12 ч);
- при напряжении на любом единичном конденсаторе (конденсаторов последовательного ряда), превышающем 110 % его номинального значения;
- при токах в фазах, различающихся более чем на 10 %;
- при температуре конденсаторов ниже предельно допустимого значения, обозначенного на их паспортных табличках или в документации завода-изготовителя;
- при температуре окружающего воздуха в месте установки конденсаторов, превышающей максимальное значение, указанное на их паспортных табличках (разрешается усилить вентиляцию).

Включение конденсаторной установки после ее отключения разрешается не ранее чем через 1 минуту при наличии разрядного устройства, присоединенного непосредственно к конденсаторной батарее (без коммутационных аппаратов и предохранителей). Если в качестве разрядного устройства используются только встроенные в конденсаторы резисторы, то повторное включение конденсаторной установки разрешается не ранее чем через 1 минуту для конденсаторов напряжением до 660 В и через 5 минут для конденсаторов напряжением выше 660 В.

Включение конденсаторной установки, отключенной действиями защитных устройств, разрешается после выяснения и устранения причины отключения.

При замене предохранителей конденсаторная установка отключается от сети и проводится контрольный разряд всех конденсаторов батареи не ранее чем через 3 минуты после отключения установки.

Разряд конденсаторов – снижение остаточного напряжения до нуля, проводится путем замыкания выводов накоротко и на корпус металлической шины с заземляющим проводником, укрепленной на изолирующей штанге.

Контрольный разряд конденсаторов проводится независимо от наличия разрядных устройств.

При техническом обслуживании конденсаторов, в которых в качестве пропитывающего диэлектрика используется трихлордифенил (ТХД), принимаются меры для предотвращения его попадания на кожу, глаза и в окружающую среду. При попадании ТХД на кожу необходимо ее промыть водой с мылом, при попадании в глаза – промыть их слабым раствором борной кислоты или раствором двууглекислого натрия (одна чайная ложка питьевой соды на стакан воды). Вышедшие из строя конденсаторы с пропиткой ТХД утилизируются.

8.4. Эксплуатация заземляющих устройств

На каждое, находящееся в эксплуатации, заземляющее устройство составляется паспорт:

- исполнительную схему устройства с привязками к капитальным сооружениям;
- содержащий связь с подземными и наземными коммуникациями и с другими заземляющими устройствами;
- дату ввода в эксплуатацию;
- основные параметры заземлений (материал, профиль, линейные размеры);
- удельное сопротивление грунта;
- данные по напряжению прикосновения (при необходимости);
- данные по сопротивлению металlosвязи оборудования с заземляющим устройством;
- ведомость осмотров и выявленных дефектов;
- информацию по устранению замечаний и дефектов;

К паспорту прикладываются результаты визуальных осмотров, осмотров со вскрытием грунта, протоколы измерения параметров заземляющего устройства, данные о характере ремонтов и изменениях, внесенных в конструкцию устройства.

В процессе эксплуатации заземляющего устройства регулярно в соответствии с местным графиком, но не реже 1 раза в 6 месяцев, проводятся визуальные осмотры видимой части заземляющего устройства. При осмотре проверяется состояние контактных соединений между защитным проводником и оборудованием, наличие антикоррозийного покрытия, отсутствие обрывов. Сопротивление контактного соединения считается допустимым, если оно не превышает 0,05 Ом. У кранов проверка целостности цепи проводится 1 раз в год. Кроме этого не реже 1 раза в 12 лет производят осмотры заземляющего устройства с выборочным вскрытием грунта в местах, наиболее подверженных коррозии, а также вблизи мест заземления нейтралей силовых трансформаторов, присоединений разрядников и ограничителей перенапряжений. Величина участка заземляющего устройства, подвергающегося выборочному вскрытию грунта (кроме ВЛ в населенной местности) определяется местной инструкцией. Выборочное вскрытие грунта производится на всех заземляющих устройствах электроустановок предприятия. Для ВЛ в населенной местности вскрытие производится выборочно у 2 % опор, имеющих заземляющее устройство.

В местности с высокой агрессивностью грунта устанавливается более частая периодичность осмотра с выборочным вскрытием грунта. При вскрытии грунта проверяется состояние заземлителей, степень коррозии контактных соединений. Если разрушено более 50 % сечения элемента заземлителя, он заменяется.

Для определения технического состояния заземляющего устройства проводятся следующие испытания:

- измерение сопротивления заземляющего устройства;
- измерение напряжения прикосновения;
- проверка наличия цепи между заземляющим устройством и заземляемыми элементами, а также соединений естественных заземлителей с заземляющим устройством;
- проверка состояния пробивных предохранителей;
- измерение удельного сопротивления в районе заземляющего устройства.

Для ВЛ измерения производятся ежегодно у опор, имеющих разъединители, защитные промежутки, разрядники, повторное заземление нулевого провода, а также выборочно у 2 % железобетонных и металлических опор в населенной местности.

2.4.1. Измерение сопротивления заземляющего устройства

1. *Опор воздушных линий.* Производится не реже 1 раза в 6 лет для ВЛ напряжением до 1 кВ и 12 лет для ВЛ выше 1 кВ на опорах с разрядниками и другим электрооборудованием и выборочно у 2 % металлических и железобетонных опор в населенной местности. Измерение производится также после реконструкции и ремонта заземляющих устройств, а также при обнаружении следов разрушения или перекрытия изоляторов электрической дугой. Допустимые значения сопротивлений заземлителей опор воздушных линий электропередачи приведены в табл. 8.5.

Таблица 8.5

Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземлителей опор воздушных линий электропередачи

Характеристика объекта	Удельное сопротивление грунта, ρ , Ом·м	Сопротивление, Ом
Линии на напряжение выше 1 кВ		
Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты; металлические и железобетонные опоры ВЛ 35 кВ и такие же опоры ВЛ 3–20 кВ в населенной местности; заземлители оборудования на опорах 110 кВ и выше	до 100 от 100 до 500 от 500 до 1000 от 1000 до 5000 более 5000	10* 15* 20* 30* 0,006ρ*
Электрооборудование установленное на опорах ВЛ 3–35 кВ		250/I _з ** , но не более 10 Ом
Металлические и железобетонные опоры ВЛ 3–20 кВ в населенной местности	до 100 более 100	30 0,3 ρ
Трубчатые разрядники на подходах линий к подстанциям; вентильные разрядники на кабельных вставках подходов к подстанциям		5
Вентильные разрядники и ограничители перенапряжений на подходах линий к подстанциям		3
Опоры с тросом на подходах линий к подстанции		10
Линии на напряжение до 1 кВ***		
Опора ВЛ с устройствами грозозащиты		30
Опоры с повторными заземлителями нулевого провода при напряжении источника питания:		
660/380 В		15
380/220 В		30
220/127 В		60

Примечание:

* для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросом, сопротивление заземлителей должно быть в 2 раза меньше, указанного в таблице;

** I_3 – расчетный ток замыкания на землю;

*** при удельном эквивалентном сопротивлении грунта более 100 Ом·м допускается увеличение приведенных значений в 0,01 раз, но не более десятикратно.

2. *Электроустановок, кроме воздушных линий электропередачи.* Производится 1 раз в 6 лет. Допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств электроустановок приведены в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Наиболее допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств электроустановок

Характеристика объекта	Удельное сопротивление грунта, ρ , Ом·м	Сопротивление, Ом
Электроустановки напряжением 110 кВ и выше сети с эффективным заземлением нейтрали, с глухозаземленной нейтралью, выполненные по нормам на сопротивление	до 500 более 500	0,5 $0,002 \times 0,5\rho$
Электроустановки напряжением 3–35 кВ сетей с изолированной нейтралью	до 500 более 500	$250/I_3^*$, но не более 10 Ом $0,002 \rho \cdot 250/I_3$
Электроустановки сетей напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью напряжением: 660/380 В 380/220 В 220/127 В	до 100 (более 100)	15^{**} (15·0,01 ρ) 30^{**} (30·0,01 ρ) 60^{**} (60·0,01 ρ)
Электроустановки сетей напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью при мощности источника питания: более 100 кВА до 100 кВА	до 500 более 500	$50^{**}/I_3^*$, но не более 4 Ом $50^{**}/I_3^*$, но не более 10 Ом

Примечание:

* I_3 – расчетный ток замыкания на землю;

** сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода должно быть не более 2,4 и 8 Ом при линейных напряжениях

соответственно 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока и напряжениях 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

Один из способов измерения сопротивления заземляющих устройств – это измерение с помощью приборов измерителей сопротивления заземления М 416, М 417. На сегодняшний день известны такие приборы измерения сопротивления заземляющих устройств как МЗС–200 (Польша) и Вектор (Московский институт энергобезопасности и энергоэффективности).

При измерении сопротивления заземляющих устройств создается искусственная цепь тока через испытуемый заземлитель с помощью вспомогательного заземлителя. Для измерения падения напряжения на сопротивлении испытуемого заземлителя при прохождении через него тока применяется зонд в зоне нулевого потенциала.

В табл. 8.7 приведены рекомендуемое расположение испытуемого и вспомогательных заземлителей и минимальное расстояние между ними.

В качестве вспомогательного заземлителя и зонда применяются стальные неокрашенные электроды диаметром 16–20 мм и длиной 0,8–1 м. Электроды забиваются в грунт на глубину не менее 0,5.

Таблица 8.7

**Взаимное расположение и минимальные расстояния между
испытуемым и вспомогательными заземлителями**

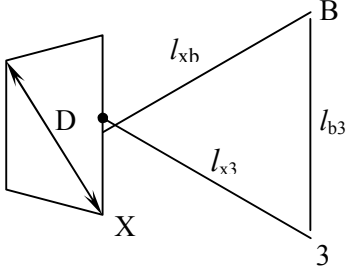
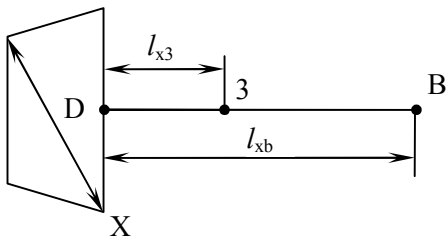
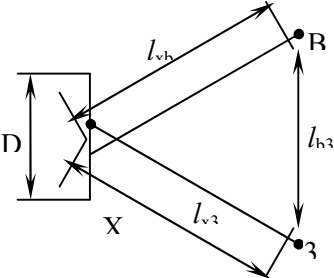
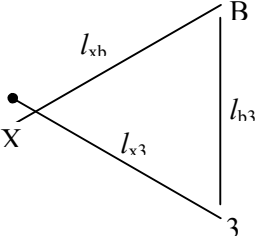
Тип заземлителя	Расположение испытуемого и вспомогательных заземлителей	Минимальное расстояние, м
1	2	3
Сложный контур		$80 \leq (l_{XB} = l_{X3} = 2l_{B3}) \geq 2D$
Сложный контур		$160 \leq (2l_{X3} = l_{XB}) \geq 3D$

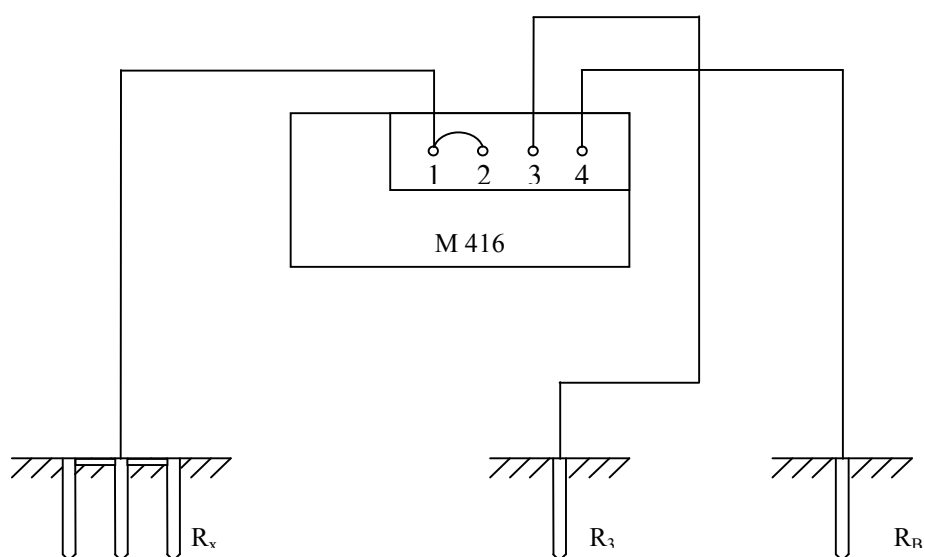
Таблица 8.7 (окончание)

1	2	3
Лучевой контур		$(l_{XB} = l_{X3} = 2l_{B3}) \geq D/2$
Сосредоточенный контур		$(l_{XB} = l_{X3} = l_{B3}) \geq 20$

Примечание:

x – испытуемый заземлитель; $в$ – вспомогательный заземлитель; $з$ – зонд.

На рис. 8.3 приведены схемы измерения сопротивления заземлителя прибором М 416.



а

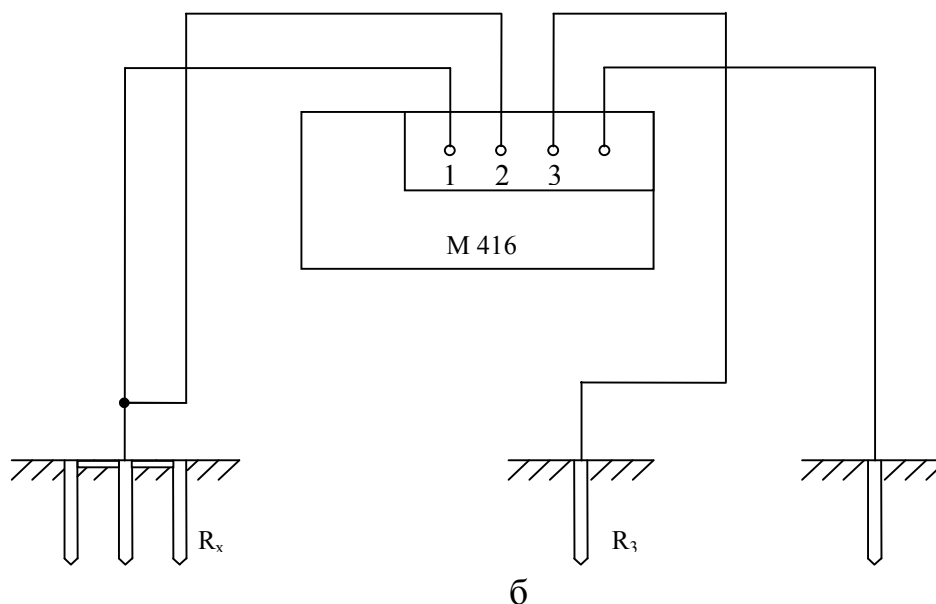


Рис. 8.3. Схемы измерения сопротивления заземляющего устройства: а – присоединение прибора по трехзажимной схеме; б – присоединение прибора по четырехзажимной схеме; R_x , R_3 , R_B – сопротивление измеряемое, зонда и вспомогательного электрода

На приборе имеются 4 зажима, обозначенные цифрами 1, 2, 3, 4 для подключения измеряемого сопротивления, вспомогательного заземлителя и потенциального электрода (зонда).

Для грубых измерений сопротивления заземляющего устройства и измерений больших сопротивлений зажимы 1 и 2 прибора соединяют перемычкой, и прибор присоединяют к измеряемому заземлению по трехзажимной схеме. Для точных измерений перемычка снимается с зажимов 1 и 2, и прибор присоединяется по четырехзажимной схеме. Прибор располагают в непосредственной близости от измеряемого заземления, чтобы уменьшить влияние сопротивления соединительных проводов. Для повышения точности измерения можно уменьшить сопротивление вспомогательных заземлителей путем увлажнения почвы вокруг них соленой водой или увеличивая их количество.

Сопротивление заземляющих устройств должно быть не больше величин, приведенных в табл. 8.6.

Измерение сопротивления заземляющих устройств возможно и приборами электронной системы, например, измерителем сопротивления заземления Ф4103–1М. На лицевой панели прибора расположено отсчетное устройство, гнезда для присоединения токовых и потенциальных электродов, переключатель диапазонов измерений, переключатель режимов и др.

Принципиальная электрическая схема присоединения прибора Ф4103–1М к измерительной цепи при определении сопротивления заземляющего устройства приведена на рис. 8.4.

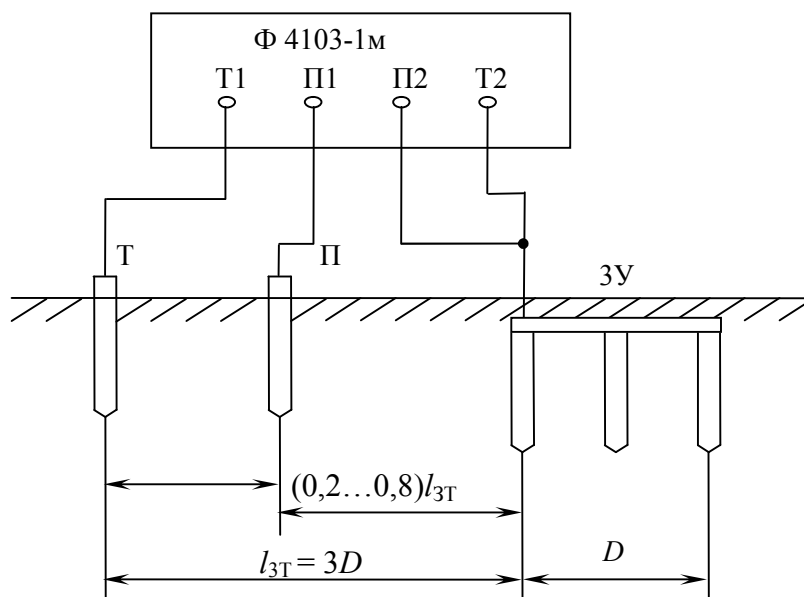


Рис. 8.4. Схема присоединения прибора Ф4103–1М при измерении сопротивления заземляющего устройства: Т – токовые и П – потенциальные электроды; ЗУ – заземляющее устройство; D – наибольшая диагональ между элементами заземления при сложном ЗУ или длина соединительной полосы при линейном ЗУ; $l_{ЗТ}$ – расстояние от края ЗУ до токового электрода

8.4.2. Измерение напряжения прикосновения

Измерение напряжения прикосновения производится только в электроустановках, заземляющее устройство которых выполнено по нормам на напряжение прикосновения. Напряжение прикосновения измеряется в контрольных точках, определенных при проектировании. За длительность воздействия принимается суммарное время действия резервной релейной защиты и собственное время отключения выключателя. Наибольшее напряжение прикосновения не должно превышать:

- 500 В при длительности воздействия 0,1 с;
- 400 В при длительности воздействия 0,2 с;
- 200 В при длительности воздействия 0,5 с;
- 130 В при длительности воздействия 0,7 с;
- 100 В при длительности воздействия 1,0 с;
- 65 В при длительности воздействия от 1,0 с до 5,0 с.

Расчет заземляющего устройства по допустимому напряжению прикосновения по правилам устройства электроустановок рекомендуют производить для электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью. Сопротивление заземляющего устройства при этом определяется по допустимому напряжению на заземляющем устройстве и току замыкания на землю.

В целях выравнивания электрического потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю на территории, занятой оборудованием, следует прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители и объединять их между собой в заземляющую сетку. При определении допустимых значений напряжения прикосновения у рабочих мест, где при производстве оперативных переключений могут возникнуть короткие замыкания 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. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест в необходимых случаях может быть выполнена подсыпка щебня (гравия) слоем толщиной 0,1–0,2 м. Измерительные приборы: Ф–4103; ЭК 0200; КВЗ–1.

8.4.3. Проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках напряжением до 1 кВ

Электрические сети напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью защищаются пробивными предохранителями. Предохранитель устанавливается в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения трансформатора.

Контроль за целостностью предохранителей производится 1 раз в 6 лет, а также при предположении о срабатывании. При осмотре предохранителей проверяется состояние наружной поверхности и внутренних частей, отсутствие сколов и трещин, целостность слюдяной прокладки, чистота разрядных поверхностей электродов. Номинальное напряжение предохранителей должно соответствовать номинальному напряжению установки.

8.4.4. Измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства

Измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющих устройств проводится в период наибольшего высыхания грунта. Периодичность измерения – ежегодно у опор воздушных линий, имеющих разрядники, повторное заземление нулевого провода и у 2 % опор в населенной местности.

Измерение производится прибором электронной системы Ф4103–1М – измеритель сопротивления заземлений. Принципиальная электрическая схема прибора при измерении сопротивления грунта приведена на рис. 8.5.

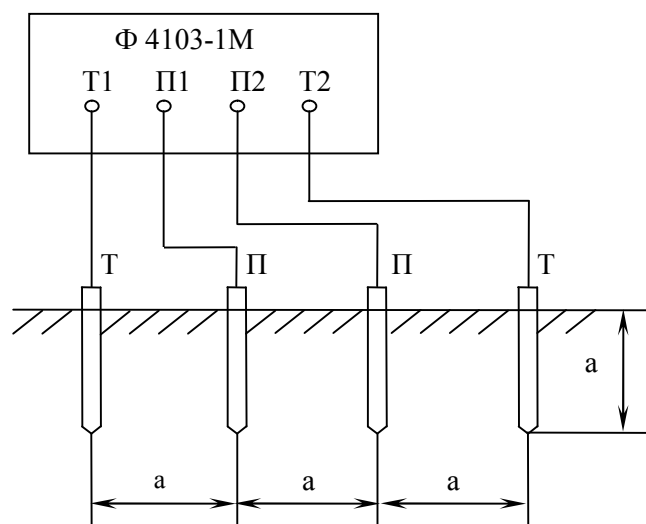


Рис. 8.5. Схема присоединения прибора при измерении сопротивления грунта: Т – токовые и П – потенциальные электроды; а – расстояние между электродами, которые равны длине электрода

8.4.5. Измерение однофазного тока короткого замыкания

Цифровые измерители тока короткого замыкания Щ41160 и ОПНФ–01 предназначены для измерения тока короткого замыкания цепи фаза – нуль в сетях переменного тока напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью трансформатора (системы $TN-C$, $TN-S$, $TN-C-S$).

Принцип действия прибора основан на измерении реального тока короткого замыкания с ограничением его протекания до 10 мс. При этом короткое замыкание производится через тиристор и шунт. Время протекания тока короткого замыкания определяется временем открытого состояния тиристора. При коротком замыкании в цепи происходит процесс измерения

тока короткого замыкания, состоящего из периодической и апериодической составляющих.

Измерение тока короткого замыкания производят в два такта для отфильтровывания апериодической составляющей тока короткого замыкания: во время первого такта измеряется угол сдвига установившегося значения тока по отношению к напряжению, во время второго – повторное короткое замыкание в момент, соответствующий измеренному значению угла сдвига. Информация об измерении сохраняется после отключения прибора от сети. Прибор применяется при обслуживании электрооборудования.

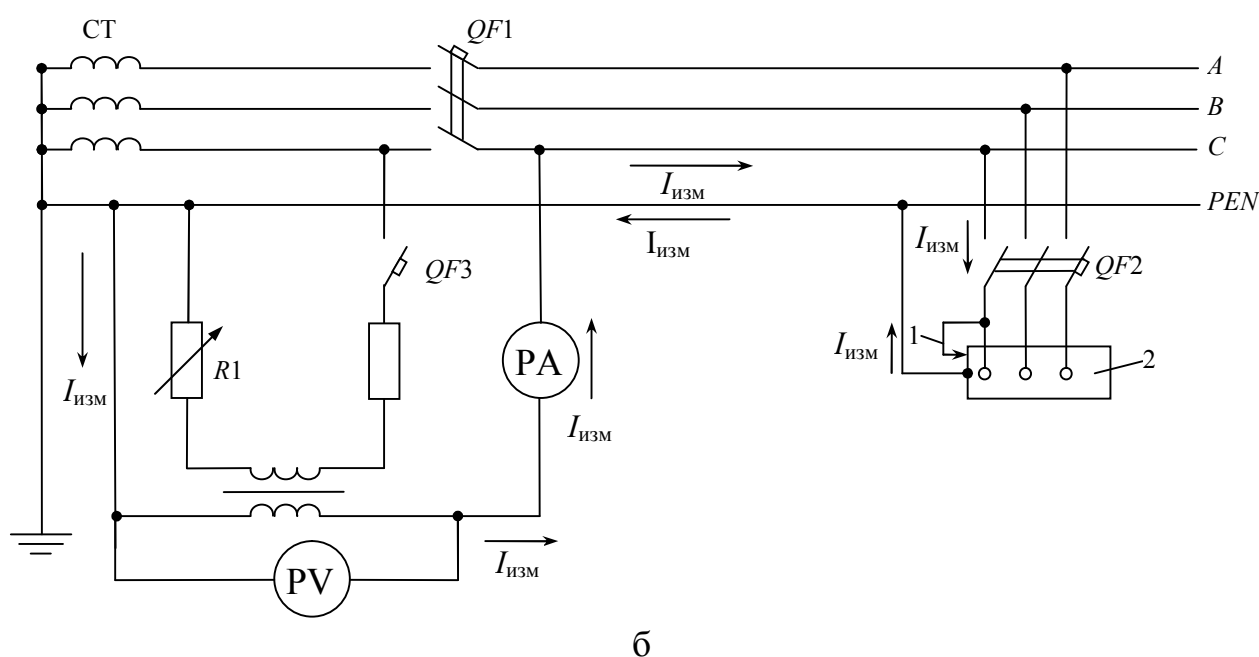
Второй способ проверки – измерение полного сопротивления петли фаза – нуль с последующим вычислением тока однофазного короткого замыкания. Измерение сопротивления петли фаза – нуль производится для наиболее мощных электроприемников, а также для наиболее удаленных от источника питания. Один из способов измерения сопротивления петли фаза – нуль показан на схеме (рис. 8.6.)

При измерении по схеме: (а) испытываемую электроустановку отключают от сети, а сеть не отключают от трансформатора (рис. 8.6, а). Используется понижающий однофазный трансформатор напряжением 50 В или 12 В, реостат, амперметр, вольтметр и вспомогательные провода. Первичную обмотку измерительного трансформатора присоединяют на фазное напряжение сети у силового трансформатора через выключатель $QF3$. Один вывод вторичной обмотки этого трансформатора присоединяют к нулевому защитному PEN -проводнику возможно ближе к силовому трансформатору, другой вывод – к одному из фазных проводников, идущий к электроприемнику, после автоматического выключателя $QF2$. Фазный проводник и корпус электроприемника соединяют перемычкой, имитируя замыкание на корпус. После включения измерительного трансформатора в его вторичной цепи с помощью реостата $R1$ устанавливается ток, достаточный для отсчета показаний вольтметра $U_{изм}$ и амперметра $I_{изм}$. Полное сопротивление петли, Ом, фаза – нуль вычисляют по выражению:

$$Z_{\Pi} = U_{изм} / I_{изм}.$$

При измерении сопротивления по схеме (а) не учитывается сопротивление фазного провода длиной ДЕ, но учитывается сопротивление соединительных проводов (рис. 8.6, а).

The diagram shows a three-phase system with lines A, B, and C, and a PEN line. A transformer CT is connected to the A, B, and C lines. A circuit breaker QF1 is connected to the A, B, and C lines. A differential relay Д is connected to the A, B, and C lines. A circuit breaker QF3 is connected to the A, B, and C lines. A resistor R1 is connected to the A, B, and C lines. A voltage divider PV is connected to the A, B, and C lines. A current transformer PA is connected to the A, B, and C lines. The PEN line is connected to the A, B, and C lines. Currents $I_{изм}$ are indicated at various points in the circuit.



Ток однофазного короткого замыкания в петле фаза – нуль:

$$I_{\text{K3}} = U_{\phi} / Z_{\Pi} + Z_{\text{T}},$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В; Z_{Π} – полное сопротивление петли фаза-нуль, Ом; Z_T – полное сопротивление фазной обмотки силового трансформатора, Ом.

Полное сопротивление фазной обмотки трансформатора:

$$Z_T = U_{K\%} \cdot U_N / \sqrt{3} I_N \cdot 100 ,$$

где $U_{K\%}$ – напряжение короткого замыкания силового трансформатора; I_N , U_N – номинальные ток и напряжение трансформатора. Z_T можно также определить по справочникам.

Глава 9. Эксплуатация электрических машин

На каждом предприятии для каждого цеха составляется заводская (местная) инструкция по эксплуатации (обслуживанию) электрических машин. В местных инструкциях указывают: технические характеристики установленных электрических машин; порядок подготовки к пуску, последовательность операций пуска, остановка и технического обслуживания во время нормальной работы и в аварийных режимах; порядок допуска к осмотру, ремонту и испытаниям, требования по технике безопасности, взрыво- и пожароопасности; специфические рекомендации для каждого конкретного технологического агрегата; указания по режимам, периодичности осмотров и контролю за работой электрических машин. Местная инструкция разрабатывается специалистами энергетической службы цеха (завода) и утверждается главным энергетиком предприятия. Инструкция пересматривается не реже 1 раза в 3 года.

Надзор за нагрузкой электрических машин, температурой подшипников и охлаждающего воздуха, уход за подшипниками и устройствами для охлаждения, вибрацией, а также операции по пуску и остановке электрических машин осуществляет технологический персонал цеха (завода), обслуживающий механизмы.

Дежурный электротехнический персонал цеха периодически, в сроки, установленные графиком обходов-осмотров электрооборудования, обязан контролировать режим работы конкретного электрооборудования по всем показателям в объеме данной инструкции.

Электродвигатели должны быть немедленно отключены от сети в следующих случаях:

- при несчастных случаях с людьми;
- появление дыма или огня из корпуса электродвигателя, а также из его пускорегулирующей аппаратуры и устройства возбуждения;
- поломки приводного механизма;
- резком увеличении вибрации подшипников агрегата;
- нагреве подшипников сверх допустимой температуры, установленной в инструкции завода-изготовителя.

В эксплуатационных инструкциях могут быть указаны и другие случаи, при которых электродвигатели должны быть немедленно отключены, а также определен порядок устранения аварийного состояния и пуска электродвигателей.

На электродвигатели и приводные механизмы наносятся стрелки, указывающие направление вращения. На электродвигателях и пускорегулирующих устройствах делаются надписи с наименованием агрегата и (или) механизма, к которому они относятся. Профилактические испытания и измерения на электродвигателях проводятся в соответствии с нормами испытаний электрооборудования, приведенных в правилах техническими эксплуатации электроустановок потребителей (2003 г.).

9.1. Профилактические испытания и измерения электрических машин. Электродвигатели переменного тока

Асинхронные электродвигатели испытываются в следующем объеме:

- измерение сопротивления изоляции;
- оценка состояния изоляции обмоток электродвигателя перед включением;
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты;
- измерение сопротивления постоянного тока обмоток статора и ротора, реостатов и пускорегулировочных резисторов;
- измерение зазоров между сталью ротора и статора;
- измерение зазоров в подшипниках скольжения;
- измерение вибрации подшипников;
- проверка работы электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом;
- проверка работы электродвигателя под нагрузкой.

Измерение сопротивления изоляции:

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток статора у электродвигателей на напряжение выше 1 кВ, производится мегаомметром М411/5 на 2500 В.

Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции обмоток статора электродвигателей на напряжение выше 1 кВ

Температура обмотки, °С	Сопротивление изоляции R_{60} , МОм, при номинальном напряжении обмотки, кВ		
	3	6	10
1	2	3	4
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50
40	10	20	35

Таблица 9.1 (окончание)

1	2	3	4
50	7	15	25
60	5	10	17
75	3	6	10

2. Измерение сопротивления изоляции обмоток статора у электродвигателей напряжением до 1 кВ производится мегаомметром М4100/3, на 500 В – электродвигатели напряжением до 500 В и мегаомметром М4100/4 на 1000 В – электродвигатели напряжением до 1 кВ. Сопротивление всех видов изоляции должно быть не менее 1 МОм при температуре $\pm 10\text{--}30$ °С, а при температуре ± 60 °С – 0,5 МОм.

3. Измерение коэффициента адсорбции (отношение R_{60} / R_{15}) обмоток статора электродвигателей напряжением выше 1 кВ производится мегаомметром М411/5 на 2500 В. Значение коэффициента адсорбции с R_{60} / R_{15} должно быть не менее 1,3 ($R_{60} / R_{15} \geq 1,3$) у электродвигателей с терморезистивной изоляцией и не менее 1,2 у двигателей с микалентной компаундированной изоляцией.

Сопротивление изоляции обмоток статора электродвигателей, имеющих 6 выводов, рекомендуется измерять пофазно, при этом обмотки фаз, на которых не измеряется сопротивление изоляции, присоединяются к корпусу электродвигателя.

4. Измерение сопротивления изоляции обмоток ротора синхронных электродвигателей и асинхронных электродвигателей с фазным ротором

производится мегаомметром на напряжение 1000 В (разрешается на 500 В). сопротивление изоляции не должно быть более 0,2 МОм.

5. Измерение сопротивления изоляции термоиндикаторов с соединительными проводами производится мегаомметром М4100/2 на напряжение 250 В. Сопротивление изоляции не нормируется. Должно соответствовать предыдущим измерениям.

6. Измерение сопротивления изоляции подшипников производится мегаомметром на протяжении 1000 В у электродвигателей напряжением 3 кВ и выше относительно фундаментальной плиты. Сопротивление изоляции не нормируется. Должно соответствовать предыдущим измерениям или данным завода-изготовителя.

Оценка состояния изоляции обмоток электродвигателя перед включением. Электродвигатели включаются без сушки, если значения сопротивления изоляции обмоток и коэффициент адсорбции не ниже значений, приведенных выше в пункте 3.

Если сопротивление изоляции окажется значительно ниже нормы, в этом случае электрический двигатель подлежит сушке. Целью сушки является удаление влаги из обмоток электродвигателя. Удаление влаги из обмотки происходит за счет термической диффузии, вызывающей перемещение влаги в направлении потока тепла от более нагретой части к более холодной. Перемещение влаги происходит за счет перехода влажности в разных слоях изоляции движением ее из слоев с большей влажностью в слои с меньшей влажностью. Перепад влажности можно создать нагреванием внутренних частей обмотки и тем усилить процесс сушки. При сушке сильно увлажненной изоляции температурный перепад можно создать периодическим обдуванием машины снаружи холодным воздухом и повторным нагреванием ее изоляции.

Существует много методов сушки электрических машин, например, внешним нагреванием, нагреванием током от постороннего источника, нагреванием током короткого замыкания, вентиляционными потерями, потерями в активной стали или потерями в корпусе машины. Метод сушки выбирается в зависимости от имеющихся возможностей и степени увлажненности изоляции. Наиболее интенсивной сушкой сильно увлажненной изоляции является сушка током. Следует учесть, что это может привести к вспучиванию изоляции, поэтому можно рекомендовать метод сушки внешним обогревом.

Рекомендуется во время сушки измерять температуру обмоток и стали термометрами в наиболее горячем месте. Температура не должна превышать 70 °С. Кроме этого периодически измеряют сопротивление изоляции обмоток

и определяют коэффициент адсорбции для каждой обмотки. Сушку заканчивают, если коэффициент адсорбции и сопротивление изоляции не изменяются в течение трех часов и соответствуют нормам. Сопротивление изоляции обмоток вначале постепенно понижается, а затем через – 10–20 ч – начинает возрастать. После прекращения сушки и охлаждения обмоток сопротивление изоляции несколько увеличивается.

Сушка внешним нагревом производится с разобранной машиной. Простейшим способом является нагрев лампами накаливания. При мощности электродвигателя до 30 кВт применяют две лампы мощностью по 300 Вт, для электродвигателя до 75 кВт – две лампы по 500 Вт.

Вместо ламп накаливания внешний нагрев может осуществляться с помощью трубчатых электронагревателей (ТЭН).

Нагрев статора может осуществляться струей горячего воздуха от воздушнонагревателя, например, электрокаларифера. Нагрев электродвигателей небольшой мощности осуществляется в специальном сушильном шкафу.

Сушка током от постороннего источника применяется, когда изоляция обмотки не сильно увлажнена. Для сушки можно применять понижающий трансформатор на 36 В, например, ТС 3-2,5/1 или сварочный трансформатор. При этом, если двигатель имеет шесть выводных концов, то обмотки его фаз соединяются последовательно.

Подача однофазного напряжения на два из трех выводов обмоток, соединенных звездой или треугольником, дает неравномерный ток в фазах обмотки двигателя, поэтому при трех выводах обмоток двигателя нужно периодически пересоединять провода с разными зажимами двигателя, при этом при соединении звездой обмоток двигателя нужно соединять два выводных конца.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание производится тотчас после останова электродвигателя до его очистки от загрязнений. Значение испытательного напряжения принимается согласно табл. 9.2.

Таблица 9.2.

**Испытательные напряжения промышленной частоты для обмоток
электродвигателей переменного тока**

Испытуемый элемент	Мощность электродвигателя, кВт	Номинальное напряжение электродвигателя, кВ	Испытательное напряжение, кВ
обмотка статора	40 и более, а также электродвигатели ответственных механизмов менее 40	0,4 и ниже	1,0
		0,5	1,5
		0,66	1,7
		2,0	4,0
		3,0	5,0
		6,0	10,0
		10,0	16,0
обмотка ротора синхронных электродвигателей	—	—	1,0
обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором	—	—	1,5 U_p , но не менее 1,0

Примечание:

U_p – напряжение на кольцах при разомкнутом неподвижном роторе и номинальном напряжении на статоре.

По решению главного энергетика отдела предприятия испытание электродвигателей напряжением до 1 кВ может не производиться.

Измерение сопротивления постоянного тока обмоток статора и ротора, реостатов и пускорегулировочных резисторов. Измеренные значения сопротивления различных фаз обмоток статора и ротора, приведенные к одинаковой температуре, не должны отличаться друг от друга и от исходных данных более чем на $\pm 2\%$. Измерение производится у электродвигателей напряжением 3 кВ и выше, сопротивление обмотки ротора измеряется у синхронных двигателей и электродвигателей с фазным ротором.

Измерение сопротивления обмоток постоянного тока производится для выявления дефектов – некачественных соединений, витковых замыканий. Сопротивление измеряется или помощью амперметра и вольтметра, или двойным мостом.

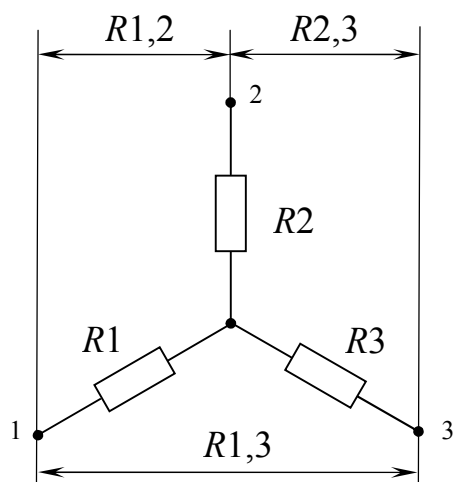
Сопротивление постоянного тока у электродвигателей с тремя выводами обмоток, когда соединение обмоток в звезду или треугольник выполнено внутри, производится между каждыми двумя выводами попарно. Сопротивление отдельных фаз определяется из выражений:

– соединение в звезду:

$$R_1 = \frac{1}{2}(R_{1,2} + R_{1,3} - R_{2,3});$$

$$R_2 = \frac{1}{2}(R_{1,2} + R_{2,3} - R_{1,3});$$

$$R_3 = \frac{1}{2}(R_{1,3} + R_{2,3} - R_{1,2});$$



– при одинаковых значениях измеренных сопротивлений:

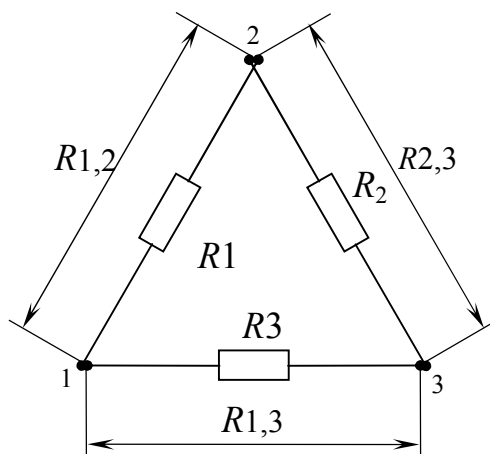
$$R_1 = R_2 = R_3 = \frac{R_{1,2}}{2};$$

– соединение в треугольник:

$$R_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{4R_{2,3} \cdot R_{1,3}}{-R_{1,2} + R_{2,3} + R_{1,3}} - (-R_{1,2} + R_{2,3} + R_{1,3}) \right];$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \left[\frac{4R_{1,3} \cdot R_{1,2}}{R_{1,2} - R_{2,3} + R_{1,3}} - (R_{1,2} - R_{2,3} + R_{1,3}) \right];$$

$$R_3 = \frac{1}{2} \left[\frac{4R_{1,3} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{2,3} - R_{1,3}} - (R_{1,2} + R_{2,3} - R_{1,3}) \right];$$



при одинаковых значениях измеренных сопротивлений

$$R1 = R2 = R3 = \frac{3}{2} R_{1,2} .$$

Сопротивление обмоток зависит от температуры. Для измерения температуры применяются заложенные температурные индикаторы или встраиваемые термометры, или температурные индикаторы. Для измерения температуры электродвигателя его мощности устанавливают:

- мощность до 10 кВт – один термометр или температурный индикатор;
- мощность 10–100 кВт – не менее двух;
- мощность 100–1000 кВт – не менее трех;
- мощность свыше 1000 кВт – не менее четырех.

Если невозможно измерить температуру обмоток, то электродвигатель должен находиться в нерабочем состоянии до тех пор, пока его температура не примет температуру окружающей среды. Измерение сопротивления повторяют несколько раз. За действительные сопротивления принимается среднее арифметическое результатов всех измерений.

Измеренные значения сопротивления реостатов и пускорегулировочных резисторов не должно отличаться от исходных данных более чем на $\pm 10\%$. Эти измерения производятся у электродвигателей напряжением 3 кВ и выше. У электродвигателей напряжением менее 3 кВ измеряется общее сопротивление реостатов и пусковых резисторов и проверяется целостность отпаяк.

Измерение зазоров между сталью ротора и статора. Измерение производится у электродвигателей мощностью 1000 кВт и более и у всех

электродвигателей ответственных механизмов. Величина воздушных зазоров проверяется набором щупов – пластинок определенной толщины, которая на них обозначена. Размеры воздушных зазоров в точках, расположенных по окружности ротора и сдвинутых относительно друг друга на угол 90°, или в точках, специально предусмотренных при изготовлении электродвигателя, не должны отличаться более чем на $\pm 10\%$ от среднего размера (равного полусумме зазоров). Измерение производится, если позволяет конструкция электродвигателя.

Измерение зазоров в подшипниках скольжения. Проверяют осевые зазоры между торцами вкладыша и гантелями шейки вала ротора, радиальные между валом и лабиринтовыми уплотнителями маслоуловителей. Уточняются зазоры между вкладышами и крышкой подшипника с помощью оттисков свинцовой проволоки и между рабочей поверхностью вкладыша и шейкой вала.

Увеличение зазоров в подшипниках скольжения сверх значений, приведенных в табл. 9.3, указывает на необходимость перезаливки вкладыша.

Таблица 9.3

**Максимально допустимые зазоры в подшипниках
скольжения электродвигателей**

Номинальный диаметр вала, мм	Зазор, мкм, при частоте вращения, об/мин		
	до 1000	от 1000 до 1500	более 1500
1	2	3	4
18–13	40–93	60–130	140–280
31–50	50–112	75–160	170–340

Таблица 9.3 (окончание)

1	2	3	4
5–80	65–135	95–195	200–400
81–120	80–160	120–235	230–460
121–180	100–195	150–285	260–530
181–260	120–225	180–300	300–600
261–360	140–250	210–380	340–680
361–600	170–305	250–440	380–760

Измерение вибрации подшипников. Величина вибрации измеряется на всех подшипниках электрических двигателей в горизонтально-поперечном (перпендикулярно оси вала), горизонтально-осевом и вертикальном направлениях.

Измерение в двух первых направлениях производится на уровне оси вала, в вертикальном направлении – в наивысшей точке крышки подшипника.

Вибрация измеряется с помощью ручного вибрографа типа ВР-1 или виброметра, которые позволяют измерять вибрацию в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. По показаниям вибрографа можно судить не только о размерах вибрации, но и ее частоте, а это позволяет определить причину вибрации. В этом их преимущество перед виброметрами.

Вертикальная и поперечная составляющие вибрации (среднеквадратичное значение виброскорости или удвоенная амплитуда колебаний), измеренные на подшипниках электродвигателей, сочлененных с механизмами, должны соответствовать заводским инструкциям.

При отсутствии таких данных в технической документации вибрация подшипников электродвигателей, сочлененных с механизмами, должна быть не выше следующих значений:

- Синхронная частота вращения, об/мин: 3000; 1500; 1000; 750 и менее.
- Удвоенная амплитуда колебаний подшипников, мкм: 30; 60; 80; 95.

Допускается работа агрегатов с повышенной вибрацией подшипников электродвигателей, сочлененных с механизмами, работающими в тяжелых условиях, вращающиеся рабочие части которых быстро изнашиваются, а также электродвигателей, сроки эксплуатации которых превышают 15 лет, в течение времени, необходимого для устранения причины повышения вибрации. Нормы вибрации для этих условий не должны быть выше следующих значений:

- Синхронная частота вращения, об/мин: 3000; 1500; 1000; 750 и менее.
- Удвоенная амплитуда колебаний подшипников, мкм: 50; 100; 130; 160.

Периодичность измерения вибрации подшипников электродвигателей ответственных механизмов устанавливается местными инструкциями.

Повышенная вибрация может быть вызвана электромагнитными или механическими причинами.

Электромагнитные причины:

- неправильное выполнение соединений отдельных частей или фаз обмоток;
- неудачное соотношение чисел зубцов магнитопровода статора и ротора;

- замыкания различного вида в обмотках электродвигателя;
- обрыв одной или нескольких параллельных ветвей обмоток;
- неравномерный воздушный зазор между статором и ротором.

Механические причины:

- неправильная центровка электродвигателя с механизмом;
- неисправности в соединительной муфте (перекос полумуфт, износ соединительных пальцев);
- искривление вала;
- неуравновешенность вращающихся частей электродвигателя или механизма;
- ослабление крепления или посадки вращающихся частей агрегата.

Проверка работы электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой. Проверка работы электродвигателя на холостом ходу производится у электродвигателей напряжением 3 кВ и выше и мощностью 100 кВт и более. Ток холостого хода не должен отличаться более чем на 10 % от значения, указанного в каталоге или в инструкции завода изготовителя. Продолжительность испытания – 1 ч. Проверка производится после пробных пусков электродвигателя. При выявлении механических и электромагнитных неполадок в электродвигателе они устраняются.

Проверка работы электродвигателя под нагрузкой. Проверка работы электродвигателя под нагрузкой производится после удовлетворительной проверки на холостом ходу при нагрузке электродвигателя не менее 50 % номинальной. Проверка производится у электродвигателей напряжением выше 1 кВ. Продолжительность испытания – 5–10 минут.

Для электродвигателей с регулируемой частотой вращения определяются пределы регулирования. При осмотре щеточного механизма асинхронного электродвигателя с фазным ротором проверяют биение контактных колец. Биение не должно превышать следующих величин (мм):

- для контактных колец диаметром, мм:
- до 500: 0,05;
- свыше 500: 0,08.

Биение проверяют индикатором часового типа.

9.3. Особенности эксплуатации машин постоянного тока

Особенностью эксплуатации машин постоянного тока является осмотр щеточного механизма. При осмотре щеточного механизма проверяют биение коллектора. Биение не должно превышать следующих величин (мм):

- для коллекторов диаметров, мм:
- до 250: 0,02;
- 600: 0,03–0,05;
- свыше 600: 0,06.

Биение проверяют индикатором часового типа. Коллектор при неровностях и биениях до 0,2 мм – полируют, до 0,5 мм – пришлифовывают, 0,5 мм и более – протачивают при ремонте. Полировку проводят при номинальной частоте вращения вала машины мелкой стеклянной шкуркой № 180 – 200, наложенной на деревянную колодку, пригнанной по коллектору, шлифовку и проточку выполняют на токарных станках при ремонте.

При необходимости заменяют щетки:

- марка щеток определяется заводом-изготовителем;
- траверсы устанавливают по заводским меткам на нейтрали;
- в обойму щеткодержателя щетки вставляют свободно с зазором 0,1–0,2 мм в направлении вращения и 0,2–0,4 мм в направлении оси коллектора;
- радиальный зазор между коллектором и щеткодержателем должен быть равномерным и составлять не более 2–4 мм.

Нажатие щеток проверяют с помощью динамометра.

Машины постоянного тока включаются без сушки при соблюдении следующих условий:

- машины напряжением до 500 В, если значение сопротивления изоляции обмоток не менее приведенного в табл. 9.4;
- машины напряжением выше 500 В, если значение сопротивления обмоток не менее приведенного в табл. 9.4 и значение коэффициента абсорбции не менее 1,2.

Сопротивление изоляции обмоток измеряется относительно корпуса при номинальном напряжении обмотки до 500 В мегаомметром на напряжении выше 500 В, при номинальном напряжении 1000 В. в эксплуатации сопротивление изоляции обмоток измеряется вместе с соединенными с ними цепями и кабелями.

Сопротивление изоляции бандажей измеряется относительно корпуса и удерживаемых им обмоток вместе с соединенными с ними цепями и кабелями. Сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм.

Таблица 9.4

**Наименьшие допустимые сопротивления изоляции обмоток
машин постоянного тока**

Температура обмотки, °С	Сопротивление изоляции R_{60} , МОм при номинальном напряжении машин, В				
	230	460	650	750	900
10	2,7	5,3	8,0	9,3	10,8
20	1,85	3,7	5,45	6,3	7,5
30	1,3	2,6	3,8	4,4	5,2
40	0,85	1,75	2,5	2,9	3,5
50	0,6	1,2	1,75	2,0	2,35
60	0,4	0,8	1,15	1,35	1,6
70	0,3	0,5	0,8	0,95	1,0
75	0,22	0,45	0,65	0,75	0,9

Испытание изоляции повышенными напряжением промышленной частоты проводится после капитального ремонта у машин мощностью более 200 кВт на напряжение до 440 В. Нормы испытательного напряжения приведены в табл. 9.5.

Таблица 9.5

**Испытательные напряжения промышленной частоты
для изоляции машин постоянного тока**

Испытываемый элемент	Испытательное напряжение, кВ	Указания
Обмотки:		Производится у машин мощностью более 3 кВ
машин на напряжение до 100 В	$1,6 U_{\text{ном}} + 0,8$	
машин на напряжение выше 100 В мощностью до 1000 кВт	$1,6 U_{\text{ном}} + 0,8$, но не менее 1,2	
машин на напряжение выше 100 В мощностью более 1000 кВт	$1,6 U_{\text{ном}} + 0,8$, но не менее 1,2	
Возбудителей синхронных двигателей и синхронных компенсаторов	$0,8 U_{\text{ном}}$, но не менее 1,2 и не более 2,8	
Бандажи якоря	1	Для машин мощностью более 3 кВ
Реостаты и пускорегулирующие резисторы	1	Изоляцию можно испытывать совместно с изоляцией цепей возбуждения

Продолжительность испытания – 1 мин.

Измерение сопротивления постоянного тока производится при капитальном ремонте при практически холодном состоянии машины. Сопротивление не нормируется, нормируется отклонения значений сопротивления элементов машин от исходных значений.

Обмотки возбуждения – не более чем на 2 %. Обмотка якоря (между коллекторными пластинами) – не более чем на 10 %.

Снятие характеристик холостого хода у генераторов, испытание витковой изоляции, измерение воздушных зазоров под полюсами, проверка работы машины на холостом ходу, определение пределов регулирования частоты вращения проводятся после капитального ремонта.

9.4. Техника безопасности при эксплуатации электрических машин

Работа на электрических машинах, связанная с прикосновением к токоведущим и вращающимся частям, производится после отключения от сети с выполнением технических мероприятий, предотвращающих ее ошибочное включение.

Работа, не связанная с прикосновением к токоведущим или вращающимся частям может производиться на работающей электрической машине. При этом не допускается снимать ограждения вращающихся частей.

При работе на электрической машине допускается установка заземления на любом участке кабельной линии, соединяющей электрическую машину с секцией РУ, щитом, сборкой. Если работы рассчитаны на длительный срок, то кабельная линия заземляется также со стороны электрической машины.

В тех случаях, когда сечение жил кабеля не позволяет применять переносные заземления, у электрических машин напряжением до 1 кВ разрешается заземлять кабельную линию медным проводником сечением не менее жилы кабеля либо соединять между собой жилы кабеля и изолировать их. Заземление или соединение жил кабеля учитывается в оперативном журнале.

Перед допуском к работе на электродвигателях, способных к вращению за счет механизмов (дымососы, вентиляторы, насосы и др.), штурвалы запорной арматуры (задвижек, вентилей, шиберов и т.п.) запираются на замок. На штурвалах задвижек, шиберов, вентилей вывешиваются плакаты «Не открывать! Работают люди», а на ключах, кнопках управления электроприводами запорной арматуры – «Не включать! Работают люди».

Работы на электрических машинах проводятся по наряду. По одному наряду разрешается производить работу на всех электрических машинах, выведенных в ремонт агрегатов, технологических установок.

Порядок включения электрической машины для опробования следующий:

- производитель работ удаляет бригаду с места работы, оформляет окончание работы и сдает наряд оперативному персоналу;
- оперативный персонал снимает установленные заземления, плакаты, выполняет сборку схемы.

Работа на вращающейся электрической машине без соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями проводится по распоряжению.

Обслуживание щеточного аппарата на работающей электрической машине производится по распоряжению обученного для этой цели работника, имеющего группу III, при соблюдении мер предосторожности:

- работать с использованием средств защиты лица и глаз, в застегнутой спецодежде;
- пользоваться диэлектрическими калошами, коврами;
- не касаться руками одновременно токоведущих частей двух полюсов или токоведущих и заземляющих частей.

Глава 10. Эксплуатация электрических внутрицеховых сетей и освещения

10.1. Эксплуатация внутрицеховых сетей

Периодичность осмотров цеховых электрических сетей устанавливается местной инструкцией в зависимости от условий эксплуатации, но не реже 1 раза в 3 месяца.

При осмотре проверяют: прочность крепления мест механической защиты, мест ввода в аппараты, распределительные пункты, защиту проводок в местах входа и выхода в трубы, состояние заземления трубных проводок; осматривают места: прохода сетей через стены и перекрытия, крепления и состояние конструкций, по которым проложены кабели и провода; восстанавливают нарушенную маркировку, надписей и предупредительных плакатов; осматривают изоляцию электрических сетей; проверяют состояния паяк, плотность соединений и штуцеров во взрывоопасных и пожароопасных помещениях, состояние экранирующих оболочек и защитных покрытий; устраняют провисы сетей, места с поврежденной изоляцией; постоянно контролируют отсутствие перегревов и следят за соответствием сетей фактическим нагрузкам; принимают необходимые меры вплоть до немедленного отключения сетей при аварийных ситуациях. Результаты осмотров заносятся в специальный журнал.

Измерение сопротивления изоляции проводов и кабелей в процессе эксплуатации производится в соответствии с местной инструкцией, но не

реже 1 раза в год в особо опасных помещениях и наружных установках. В остальных случаях измерение сопротивления изоляции производится 1 раз в 3 года. Измерение сопротивления изоляции проводов и кабелей кранов и лифтов производится не реже 1 раза в год.

При измерениях в силовых цепях принимаются меры для предотвращения повреждения устройств, в особенности микроэлектронных и полупроводниковых приборов. Измерения производятся мегаомметром на напряжение 1000 В. Допустимое сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм.

Токовые нагрузки при отсутствии амперметров измеряются электроизмерительными клещами без разрыва цепи типа Ц91. Они предназначены для измерения силы тока и напряжения в сетях напряжением до 1 кВ частотой 50 Гц.

Верхняя шкала прибора от 0 до 300 служит для отсчета измеряемых напряжений, нижняя двухрядная от 0 до 10 и от 0 до 500 служит для отсчета измеряемых токов.

Электроизмерительные клещи Ц 4501 предназначены для измерений в низковольтных цепях переменного тока частотой 50 Гц, тока без разрыва цепи, напряжения, а также измерение сопротивления.

Клещи электроизмерительные ЭЛ900 предназначены для измерения мощности без разрыва цепи в низковольтных сетях переменного тока частотой 50 Гц.

10.1.1. Допустимые длительные токи для проводов и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией

Допустимые длительные токи для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках приведены в табл. 10.1–10.5. Они приняты для температур: жил +65, окружающего воздуха +25 и земли +15 °С.

При определении количества проводов, прокладываемых в одной трубе (или жил многожильного проводника), нулевой рабочий проводник четырехпроводной системы трехфазного тока, а также заземляющие и нулевые защитные проводники в расчет не принимаются.

Данные, содержащиеся в табл. 10.1 и 10.2 следует принимать независимо от количества труб и места их прокладки (в воздухе, перекрытиях, фундаментах).

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей проложенных в коробах, а также в лотках пучками, принимаются: для проводов по табл. 10.1

и 10.2, как для проводов, проложенных в трубах, для кабелей – по табл. 10.3 – 10.5, как для кабелей, проложенных в воздухе. При количестве одновременно нагруженных проводов более четырех, проложенных в трубах, коробах, а также в лотках пучками токи для проводов принимаются по табл. 10.1 и 10.5, как для проводов, проложенных открыто (в воздухе), с введением снижающих коэффициентов 0,68 для 5 и 6; 0,63 для 7-9 и 0,6 для 10-12 проводников.

Таблица 10.1

**Допустимый длительный ток для проводов с резиновой
и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами**

Сечение токопроводя- щей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножи- льных	трех одножи- льных	четырех одножи- льных	одного двухжи- льного	одного трехжи- льного
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

Таблица 10.2

**Допустимый длительный ток для проводов с резиновой
и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами**

Сечение токопроводя- щей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто					
		двух одножи- льных	трех одножи- льных	четырёх одножи- льных	одного двухжи- льного	одного трехжи- льного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	235	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

Таблица 10.3

**Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с
резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с
медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой,
поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочках,
бронированных и небронированных**

Сечение токопроводя- щей жилы, мм ²	Ток*, А, для проводов и кабелей				
	одножильных	двухжильных		Трёхжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	2	3	4	5	6
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38

Табл. 10.3 (окончание)

1	2	3	4	5	6
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	-	-	-	-

Примечание: * токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой, жилой, так и без нее.

Таблица 10.4

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами
с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой,
поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных
и небронированных**

Сечение токопроводя- щей жилы, мм ²	Ток*, А, для кабелей				
	одножильных	двухжильных		Трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	-	-	-	-

Примечание: * допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ выбираются по табл. 10.4, как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Таблица 10.5

Допустимый длительный ток для переносных шланговых легких и средних шнуров, переносных шланговых тяжелых кабелей, шахтных гибких шланговых, прожекторных кабелей и переносных проводов с медными жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для шнуров, проводов и кабелей		
	одножильных	двухжильных	трехжильных
0,5	-	12	-
0,75	-	16	14
1	-	18	16
1,5	-	23	20
2,5	40	33	28
4	50	43	36
6	65	55	45
10	90	75	60
16	120	95	80
25	160	125	105
35	190	150	130
50	235	185	160
70	290	235	200

Примечание: * - токи относятся к шнурам, проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

Таблица 10.6

Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов и кабелей	
	Одножильных	Многожильных	Отдельные электроприемники с коэффициентом использования до 0,7	Группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7
Многослойно и пучками	-	До 4	1	-
	2	5-6	0,85	-
	3-9	7-9	0,75	-
	10-11	10-11	0,7	-
	12-14	12-14	0,65	-
	15-18	15-18	0,6	-

Однослойно	2-4	2-4	-	0,67
	5	5	-	0,6

На период ликвидации послеаварийного режима для кабелей с полиэтиленовой изоляцией разрешается перегрузка до 10 %, а для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией до 15 % номинальной на время максимумов нагрузки продолжительностью не более 6 ч. в сутки в течение 5 суток, если нагрузка в остальные периоды времени этих суток не превышает номинальной.

10.2. Эксплуатация электрического освещения

Осмотр и проверка сети освещения проводится в те же сроки и в том же объеме что и внутрицеховые силовые электрические сети.

При обслуживании осветительных электроустановок следует руководствоваться правилом, что напряжением на лампах, не должно быть выше номинального. Понижение напряжения у наиболее удаленных ламп сети внутреннего рабочего освещения, а также прожекторных установок должно быть не более 5 % номинального напряжения; у наиболее удаленных ламп наружного и аварийного освещения и в сети напряжением 12-50 В – не более 10 %.

Рабочее и аварийное освещение во всех помещениях, на рабочих местах, открытых пространствах и улицах должно обеспечивать освещенность в соответствии с установленными требованиями (СНиП 23-05-95).

У оперативного персонала, обслуживающего сети электрического освещения должны находиться схемы этих сетей, запас калиброванных плавких вставок предохранителей, соответствующих светильников и ламп всех напряжений данной сети освещения.

Обслуживающий персонал даже при наличии аварийного освещения, должен иметь переносные электрические фонари с автономным питанием.

На светильники аварийного освещения наносят специальные знаки или окрашивают в цвет отличающийся от цвета светильников рабочего освещения.

Питание светильников аварийного и рабочего освещения осуществляется от независимых источников питания. При отключении рабочего освещения переключение на аварийное может происходить автоматически или вручную исходя из целесообразности по местным условиям.

Присоединение к сети аварийного освещения каких-либо видов нагрузок запрещается.

Сеть аварийного освещения выполняется без штепсельных розеток.

На лицевой стороне щитов и сборок сети освещения выполняются надписи (маркировки) с указанием наименования (щита или сборки), номера, соответствующего диспетчерскому наименованию. С внутренней стороны (например, на дверцах) наносятся однолинейная схема надписи с указанием значения тока плавкой вставки на предохранителях или номинального тока автоматических выключателей и наименование электроприемников* соответственно через них получающие питание. Автоматические выключатели должны обеспечивать селективность отключения потребителей, получающих от них питание.

Использование сетей освещения для подключения каких-либо переносных или передвижных электроприемников не разрешается.

Для питания переносных (ручных) электрических светильников в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных помещениях применяется напряжение не выше 50 В, а при работах в особо неблагоприятных условиях и в наружных установках – не выше 12 В.

Вилки приборов на напряжение 12-50 В не должны входить в розетки с более высоким номинальным напряжением. В помещениях, в которых используется напряжение двух и более номиналов, на всех штепсельных розетках делаются надписи с указанием номинального напряжения.

Использование автотрансформаторов для питания светильников сети 12-50 В не разрешается.

Установка в светильниках сети рабочего и аварийного освещения ламп, мощность или цветность излучения которых не соответствует проектной, а также снятие рассеивателей, экранирующих и защитных решеток светильников не допускается.

Очистка светильников, осмотр и ремонт сети электрического освещения выполняется по графику (плану ППР) квалифицированным персоналом.

Периодичность работ по очистке светильников и проверке технического состояния осветительных установок (наличие и целостность стекол, решеток и сеток, исправность уплотнений светильников специального назначения и т.п.) устанавливается местной инструкцией. На участках, подверженных усиленному загрязнению, очистка светильников производится по особому графику. Периодичность очистки светильников общего освещения для различных цехов машиностроительных предприятий рекомендуется производить:

- литейные цехи – 1 раз в 2 месяца;
- кузнечные, термические – 1 раз в 3 месяца;
- инструментальные, сборочные, механические – 1 раз в 6 месяцев.

Обслуживание светильников при высоте подвеса до 5 м производится с приставных лестниц и стремянок. В случае расположения светильников на большей высоте разрешается их обслуживание с мостовых кранов, стационарных мостиков и передвижных устройств при соблюдении мер безопасности.

Смена перегоревших ламп производится групповым или индивидуальным способом, который устанавливается местной инструкцией в зависимости от доступности ламп и мощности осветительной установки. При индивидуальном способе заменяют одну или несколько ламп (до 10 %) новыми. При групповом способе заменяют все лампы в осветительной установке через определенный интервал времени новыми. Лампы типа ДРЛ, ДРИ подвергаются групповой замене через 8000 часов работы. Лампы типа ЛБ групповая замена производится через 7000 часов (через ряд). Лампы накаливания рекомендуется заменять индивидуальными способами.

В расчетах использования осветительных установок при нормальном естественном освещении годовое число часов использования осветительных установок рекомендуется принимать:

- при двухсменной работе – 2100 ч.;
- при трехсменной работе – 4600 ч.;
- при непрерывной трехсменной работе – 5600 ч.

При недостаточном естественном освещении рекомендуется принимать 4100, 6000, 8700 часов соответственно двухсменной, трехсменной, непрерывной трехсменной работе.

При групповом способе сроки очередной очистки арматуры следует приурочивать к срокам групповой замене ламп.

Исправные лампы, снятые при групповой замене, можно использовать во вспомогательных помещениях.

Чистку арматуры, замену ламп, как правило, производят в дневное время со снятием напряжения с участка.

В цехах промышленных предприятий чистку арматуры и замену ламп производит бригада в составе не менее 2-х электромонтеров, имеющих III квалификационную группу по ТБ и имеющим допуск к верхолазным работам.

* - наименование электроприемников (в частности светильников) излагается так, чтобы работники, включающие или отключающие единично расположенные или групповые светильники, смогли бы безошибочно производить эти действия.

Вышедшие из строя люминисцентные лампы, лампы типа ДРЛ и другие источники света, содержащие ртуть хранятся в специальном помещении и периодически вывозятся для уничтожения и дезактивизации в отведенные для этого места.

Осмотр и проверка исправности аварийного освещения при отключении рабочего освещения проводится 2 раза в год.

Измерение освещенности внутри помещений (в т.ч. участков, отдельных рабочих мест, проходов и т.д.) проводится при вводе сети в эксплуатацию в соответствии с нормами освещенности (СНиП 23-05-95), а также при изменении функционального назначения помещений.

Проверка состояния стационарного оборудования и электропроводки аварийного и рабочего освещения, испытание и измерение сопротивления изоляции проводов, кабелей и заземляющих устройств проводится при вводе сети электрического освещения в эксплуатацию, а в дальнейшем по графику местной инструкции, но не реже 1 раза в 3 года. В особо опасных помещениях и наружных установках – не реже 1 раза в год. Результаты замеров оформляются актом (протоколом) в соответствии с нормами испытания электрооборудования.

Сопротивление изоляции сетей освещения измеренное мегаомметром на 1000 В не должно быть меньше 0,5 МОм.

При измерении вывинчиваются лампы, а штепсельные розетки и выключатели остаются присоединенными.

Техническое обслуживание установок наружного (уличного) и рекламного освещения выполняется подготовленным электротехническим персоналом.

Периодичность осмотра наружного освещения и газосветных установок сети рекламного освещения устанавливается местной инструкцией в зависимости от их категории (месторасположения, системы технического обслуживания и т.п.).

Включение и отключение установок наружного и рекламного освещения, как правило, осуществляется автоматически в соответствии с графиком, составленным с учетом времени года, особенностей местных условий.

Обо всех неисправностях в работе установок рекламного освещения и повреждениях (мигание, частичные разряды и т.п.) обслуживающий персонал немедленно сообщает об этом своим руководящим работникам и принимает меры к устранению. Работа установок рекламного освещения при видимых повреждениях не допускается.

Глава 11. Эксплуатация электроустановок жилых, общественных, административных и бытовых зданий

11.1. Эксплуатация электрооборудования жилых зданий

Широкое внедрение различного инженерного оборудования в жилых и общественных зданиях значительно усложняет его эксплуатацию. К инженерному оборудованию относятся многочисленные насосные установки, вентиляционные системы, противопожарные устройства, пассажирские и грузовые лифты, общедомовые осветительные, наружное и декоративное освещение, тепловые пункты и т.д.

Для эффективного контроля за работой инженерного оборудования, а также своевременной ликвидации аварийных состояний и проведение ремонта необходимо организовывать диспетчерские службы.

Организация диспетчерской службы позволяет высвободить большое количество обслуживающего персонала при значительном упрощении эксплуатации и повышение надежности работы оборудования. Так, введение диспетчеризации пассажирских лифтов в жилых домах позволило отказаться от лифтеров.

Министерство строительства, архитектуры и ЖКХ РФ в настоящее время проводит реформирование ЖКХ, что является жизненно необходимой мерой. Суть преобразования заключается в создании в жилищно-коммунальном комплексе здоровых рыночных отношений. Развитие конкурентной среды, привлечение в отрасль бизнеса позволят эффективно решить вопросы сокращения износа основных фондов, внедрения энергосберегающих технологий. При этом государство берет на себя обязательство по регулированию тарифной политики и адресной социальной поддержке населения.

Программа реформирования ЖКХ включает три этапа. Первый завершился в конце 2005 года. Необходимо было отрегулировать механизмы социальной защиты населения при переходе на стопроцентную оплату жилищно-коммунальных услуг. Перейти на реальные договорные отношения с предприятиями, представляющими коммунальные услуги. Формирование рыночных отношений в жилищной сфере позволит сделать услуги более качественными и удешевить их.

На следующем этапе особое внимание будет уделяться развитию конкурентных отношений в сфере ЖКХ и переходу к профессиональному управлению жилищным этапом.

Большое значение придается созданию товариществ собственников жилья (ТСЖ). ТСЖ – это объединение собственников помещений в многоквартирном доме для совместного управления, эксплуатации, владения и пользования комплексом имущества этого дома.

Такие объединения самостоятельно выбирают поставщиков жилищных и коммунальных услуг, исходя из факторов качества и цены.

Члены ТСЖ самостоятельно принимают решения о размере обязательных платежей и порядке их внесения. Они контролируют деятельность ЖК – организаций.

ТСЖ самостоятельно выбирают ту или иную форму управления жилищным фондом.

Рост внутриквартирного потребления, развитие общедомовых установок (домовые прачечные, гладильные, сушилки, системы пылеудаления в крупных зданиях) несомненно увеличивает объем профилактических работ, резко повышает требования к эксплуатации зданий. Особое внимание следует уделять постоянной готовности к работе всех видов противопожарных устройств, требования к эксплуатации которых установлены специальными правилами.

Массовое внедрение электроплит в жилых зданиях потребовало регулярный контроль за работой эксплуатируемых электроплит в квартирах. Это привело к созданию специализированных хозрасчетных участков.

Эти хозрасчетные участки осуществляют эксплуатацию и ремонт электроплит установленных в квартирах.

Важнейшей областью эксплуатации является приемка смонтированного электрооборудования новых жилых зданий. Объем и нормы приемно-сдаточных испытаний установлены разделом 1 главой 1.8 ПУЭ седьмое издание, кроме того, следует руководствоваться монтажными и заводскими инструкциями. Отметим наиболее важные вопросы, связанные с приемкой в эксплуатацию. Прежде всего при приемке электрооборудования необходимо располагать протоколами и актами о результатах измерений и опробования всех систем, выполняемых монтажными и наладочными организациями. Эксплуатационным организациям должны быть переданы чертежи однолинейных расчетных схем и планы электрических сетей, которые должны храниться и при реконструкции уточняться. Обслуживающий персонал должен быть ознакомлен с этими схемами и руководствоваться ими в работе.

Соппротивление изоляции распределительных устройств, щитов и токопроводов до 1 кВ, силовых и осветительных сетей, вторичных цепей управления, измеренное мегаомметром на 1000 В, должно быть не менее

0,5 МОм. Особое внимание должно уделяться состоянию скрытых электропроводок.

Сопротивление изоляции силовых и осветительных электропроводок измеряется между каждым проводом и землей, а также между каждыми двумя проводами.

Необходимо тщательно проверить исправность работы расцепителей автоматических выключателей на многократные включения и отключения. Количество операций не менее пяти.

Собранные схемы управления и сигнализации опробуются на правильность функционирования.

Производится осмотр устройств защитного отключения (УЗО), выключателей дифференциального тока (ВДТ). Проверка производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

Производится осмотр заземляющего устройства и измеряется его сопротивление, которое не должно превышать допустимых значений.

Электроустановки напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью $R_{здоп} = 250/I_{зр}$, но не более 10 Ом, где $I_{зр}$ – расчетный ток замыкания на землю, А.

Электроустановки напряжением до 1 кВ в электрических сетях с глухозаземленной нейтралью (система TN):

- в непосредственной близости от нейтрали допустимое сопротивление не должно превышать 15, 30, 60 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380, 220 В;

- с учетом естественных заземлителей и повторных заземлителей отходящих линий допустимое сопротивление не должно превышать 2, 4, 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380, 220 В;

- заземляющие устройства опор воздушных линий с повторными заземлителями PEN (PE) – проводников допустимое сопротивление не должно превышать 30 Ом.

Проверка цепи между заземлителями и заземляемыми элементами осуществляется определением сечения, целостности и прочности проводников, их соединений и присоединений. Не должно быть обрывов и видимых дефектов в заземляющих проводниках, соединяющих аппараты с заземлителем. Надежность сварки проверяется ударом молотка.

Проверка цепи фаза-ноль в электроустановках до 1 кВ с системой TN производится одним из следующих способов:

- непосредственным измерением тока однофазного замыкания на корпус или нулевой защитный проводник;

- измерением полного сопротивления цепи фаза - нулевой защитный проводник с последующим вычислением тока однофазного замыкания.

При замыкании на нулевой защитный проводник ток однофазного короткого замыкания должен составлять не менее:

- трехкратного значения номинального тока плавкой вставки предохранителя;

- трехкратного значения номинального тока нерегулируемого расцепителя автоматического выключателя с обратозависимой от тока характеристикой;

- трехкратного значения уставки по току срабатывания регулируемого расцепителя автоматического выключателя обратозависимой от тока характеристикой;

- 1,1 верхнего значения тока срабатывания мгновенного действующего расцепителя (отсечки).

Проверка технического состояния электроплит производится по специальной инструкции, в которую включается и инструктаж населения о рациональном пользовании с целью экономии электроэнергии, а также о правилах безопасности.

Как известно, жильцы при въезде в квартиру занимаются различными поделками, связанными со сверлением стен. При скрытой проводке это крайне опасно. Следует выдавать жильцам паспорт на квартиру, в котором должен быть специальный чертеж с точной наноской групповой электросети, что позволит избежать неправильных действий жильцов. Измерение напряжения прикосновения производится при присоединенных естественных заземлителях.

Напряжение прикосновения измеряется в контрольных точках, в которых эти значения определены расчетом при проектировании.

Напряжение прикосновения не должно превышать нормированных значений (см. ГОСТ 12.1.038).

11.2. Эксплуатация электрооборудования общественных зданий

Эксплуатация осветительных установок приведена в главе 10 пункт 10.2.

Силовое электрооборудование общественных зданий состоит из электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры технологического, санитарно-технического, противопожарного оборудования, подъемно-транспортных установок, уборочных механизмов, а также электроприемников теплового оборудования и силовой электросети со всем

комплексом проводников, распределительных устройств и электромонтажных изделий.

Эксплуатация электродвигателей приведена в главе 9 пункт 9.1.

Эксплуатация автоматических выключателей, контакторов и магнитных пускателей рассмотрены в главе 8 пункт 8.2.

Источниками травматизма часто являются нагревательные приборы например утюги, поэтому требуется, чтобы при каждом гладильном столе в помещении с проводящими полами имелись напольные изолирующие настилы жестко прикрепленные к полу. Рабочая поверхность гладильных столов изготавливается из непроводящего материала (дерева, пластмассы), а крепежные болты должны иметь утопленные головки. Шланговые провода питания электроутюгов укрепляются на кронштейнах, расположенных над серединой гладильного стола. Электроутюги целесообразно подключать к электросети через разделяющие трансформаторы.

Требования к эксплуатации распределительных устройств, противопожарных установок, электропроводок, систем заземления аналогичны изложенным для жилых зданий.

Постоянно возрастающее насыщение жилых и общественных зданий инженерными электрифицированными и автоматизированными устройствами и оборудованием требует разработки и внедрения таких форм эксплуатации, при которых это оборудование использовалось бы наиболее целесообразно.

При приемке в эксплуатацию электрооборудования необходимо проверить полное соответствие проектным решениям и требованиям ПУЭ.

Поэтому необходимо в настоящей главе рассмотреть требование ПУЭ к электроустановкам жилых, общественных, административных и бытовых зданий переработанных и дополненных в седьмом издании.

11.3. Некоторые новые требования правил устройств электроустановок жилых, общественных, административных и бытовых зданий (ПУЭ, раздел 7, глава 7.1)

Вводное устройство (ВУ) – совокупность конструкций, аппаратов и приборов, которые устанавливаются на вводе питающей линии в здании или его обособленную часть.

Вводное распределительное устройство (ВРУ) – вводное устройство, включающее в себя также аппараты и приборы отходящих линий.

Главный распределительный щит (ГРЩ) – распределительный щит, через который снабжается электроэнергией все здание или его обособленная

часть. Роль ГРЩ может выполнять ВРУ или щит низкого напряжения подстанции.

Распределительный пункт (РП) – устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных электроприемников или их групп (электродвигателей, групповых щитков).

Групповой щиток – устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников.

Квартирный щиток – групповой щиток, установленный в квартире и предназначенный для присоединения сети, питающей светильники, штепсельные розетки и стационарные электроприемники квартиры.

Этажный распределительный щиток – щиток, установленный на этажах жилых домов и предназначенный для питания квартир или квартирных щитков.

Электрощитовое помещение – помещение, доступное только для обслуживающего квалифицированного персонала, в котором устанавливаются ВУ, ВРУ, ГРЩ и другие распределительные устройства.

Питающая сеть – сеть от распределительного устройства подстанции или ответвления от воздушных линий электропередачи до ВУ, ВРУ, ГРЩ.

Распределительная сеть – сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов и щитков.

Групповая сеть – сеть от щитков и распределительных пунктов до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

Размеры зон для ванн и душевых помещений.

Зона О – представляет собой внутренний объем ванны или душевого помещения.

Зона 1 ограничивается:

- внешней вертикальной плоскостью ванны или душевого поддона, или вертикальной плоскостью на расстоянии 0,6 м от душевого разбрызгивателя для душа без поддона;

- полом и вертикальной плоскостью на расстоянии 2,25 м над полом.

Зона 2 ограничивается:

- внешней вертикальной плоскостью зоны 1 и параллельной ей вертикальной плоскостью на расстоянии 0,6 м;

- полом и горизонтальной плоскостью на расстоянии 2,25 м над полом.

Зона 3 ограничивается:

- внешней вертикальной плоскостью зоны 2 и параллельной ей вертикальной плоскостью на расстоянии 2,4 м;
- полом и горизонтальной плоскостью над полом на расстоянии 2,25 м.

11.3.1 Электроснабжение и распределение электроэнергии

Электроснабжение должно осуществляться от сети 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S.

При реконструкции жилых и общественных зданий, имеющих напряжение сети 220/127 В или 3х220 В, следует предусматривать перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S.

При питании однофазных потребителей зданий от многофазной распределительной сети допускается для разных групп однофазных потребителей иметь общие N и PE проводники (пятипроводная сеть), проложенные непосредственно от ВРУ, объединение N и PE проводников (четырёхпроводная сеть) с PEN проводником не допускается.

При таком же питании однофазных потребителей ответвлениями от воздушных линий, когда PEN проводник воздушной линии является общим для групп однофазных потребителей, питающихся от разных фаз, рекомендуется предусматривать защитное отключение потребителей при превышении напряжения выше допустимого, возникающего из-за несимметрии нагрузки при обрыве PEN проводника. Отключение должно производиться на вводе в здание, например воздействием на независимый расцепитель вводного автоматического выключателя посредством реле максимального напряжения, при этом должны отключаться как фазный (L), так и нулевой рабочий (N) проводники.

При выборе аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе при прочих равных условиях, должно отдаваться предпочтение аппаратам и приборам, сохраняющим работоспособность при превышении напряжения выше допустимого, возникающего из-за несимметрии нагрузки при обрыве PEN или N проводника.

Во всех случаях в цепях PE и PEN проводников запрещается иметь коммутирующие контактные и бесконтактные элементы.

На ВУ, ВРУ, ГРЩ должны быть установлены аппараты защиты на всех вводах питающих линий и на всех отходящих линиях. Там же на вводах питающих линий должны устанавливаться аппараты управления. На отходящих линиях аппараты управления могут быть установлены на каждой линии быть общими для нескольких линий.

Автоматический выключатель следует рассматривать как аппарат защиты и управления.

Аппараты управления, независимо от их наличия в начале питающей линии, должны быть установлены на вводах питающих линий в торговых помещениях, коммунальных предприятиях, административных помещениях и т.п., а также в помещениях потребителей, обособленных в административно-хозяйственном отношении.

Этажный щиток должен устанавливаться на расстоянии не более 3 м по длине электропроводки от питающего стояка.

Расстояние от трубопроводов, газопроводов, газовых счетчиков до места установки ВУ, ВРУ, РП и групповых щитков, если они устанавливаются вне электрощитовых помещений должно быть не менее 1 м.

Следует выполнять проводами с медными жилами электрические цепи в пределах ВУ, ВРУ, ГРЩ, РП и групповых щитков.

11.3.2. Электропроводки

Для лестничных клеток и коридоров, имеющих естественное освещение, рекомендуется предусматривать автоматическое управление электрическим освещением в зависимости от освещенности, создаваемой естественным светом (от фотореле).

Для проводок в зданиях следует применять кабели и провода с медными жилами.

Питающие и распределенные сети, как правило, должны выполняться кабелями и проводами с алюминиевыми жилами, если их расчетное сечение равно 16 мм^2 и более.

Питание отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию зданий (насосы, вентиляторы, калориферы, установки кондиционирования воздуха и т.п.) может выполняться проводниками и кабелями с алюминиевыми жилами сечением не менее $2,5 \text{ мм}^2$.

В жилых зданиях сечение медных проводников должно быть не менее указанных в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Наименьшие допустимые сечения кабелей и проводов
электрических сетей в жилых зданиях

Наименования линий	Наименьшее сечение кабелей и проводов с медными жилами, мм ²
Линии групповых сетей	1,5
Линии от этажных до квартирных щитков и к расчетному счетчику	2,5
Линии распределительной сети (стоянки) для питания квартир	4

Запрещается прокладка проводов и кабелей, питающих разные квартиры, от этажного щитка в общей трубе, в общем коробе или канале.

Во всех зданиях групповой сети, прокладываемые от групповых, этажных и квартирных щитков до светильников общего освещения, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, должны выполняться трехпроводными (фазный – L, нулевой рабочий – N и нулевой защитный – РЕ проводники).

Не допускается объединение нулевых рабочих и нулевых защитных проводников различных групповых линий.

Не допускается подключать на щитках нулевой рабочий и нулевой защитный проводники под общий контактный зажим.

Электропроводку в помещениях следует выполнять сменяемой: скрыто – в каналах строительных конструкций, замоноличенных трубах; открыто – в электротехнических плинтусах, коробах и т.п.

В технических этажах, подпольях, неотапливаемых подвалах, чердаках, вентиляционных камерах, сырых и особо сырых помещениях электропроводку рекомендуется выполнять открыто.

В зданиях со строительными конструкциями выполненными из негорючих материалов, допускается несменяемая замоноличенная прокладка групповых сетей в бороздах стен, перегородок, перекрытий, под штукатуркой, в слое подготовки пола или в пустотах строительных конструкций, выполняемая кабелем или изолированными проводами в защитной оболочке. Не допускается применение несменяемой замоноличенной прокладки проводов в панелях стен, перегородок и перекрытий, выполненной при их изготовлении на заводах стройиндустрии или выполняемой в монтажных стыках панелей при монтаже зданий.

Электрические сети, прокладываемые за непроходными подвесными потолками и в перегородках, рассматриваются как скрытые электропроводки

и их следует выполнять: за потолками и в пустотах перегородок из горючих материалов в металлических трубах, обладающих локализационной способностью против горения, и в закрытых коробах; за потолками и в перегородках из негорючих материалов – в выполненных из негорючих материалов трубах и коробах, а также кабелями, не распространяющими горение. При этом должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

В помещениях для приготовления и приема пищи допускается открытая прокладка кабелей, за исключением кухонь квартир. Открытая прокладка проводов в этих помещениях не допускается.

В кухнях квартир могут применяться те же виды электропроводок, что и в жилых комнатах.

В саунах, ванных комнатах, санузлах, душевых должна применяться скрытая электропроводка. Допускается открытая прокладка кабелей в этих помещениях. В этих помещениях не допускается прокладка проводов с металлическими оболочками, в металлических трубах и металлических рукавах.

Однофазные двух- и трехпроводные линии, а также трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании однофазных нагрузок, должны иметь сечение нулевых рабочих (N) проводников, равное сечению фазных проводников.

Трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании трехфазных симметричных нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих (N) проводников, равное сечению фазных проводников если фазные проводники имеют сечение до 16 мм^2 по меди и 25 мм^2 по алюминию, а при больших сечениях – не менее 50 % сечения фазных проводников.

Трехфазные четырех - и пятипроводные линии при питании трехфазных симметричных нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих (N) проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до 16 мм^2 по меди и 25 мм^2 по алюминию, а при больших сечениях – не менее 50 % сечения фазных проводников.

Сечение PEN проводников должно быть не менее сечения N проводников и не менее 10 мм^2 по меди и 16 мм^2 по алюминию независимо от сечения фазных проводников.

Сечение PE проводников должно равняться сечению фазных при сечении последних до 16 мм^2 , 16 мм^2 при сечении фазных проводников от 16 до 35 мм^2 и 50 % сечения фазных проводников при больших сечениях.

Сечение РЕ проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее $2,5 \text{ мм}^2$ – при наличии механической защиты и 4 мм^2 – при ее отсутствии.

11.3.3. Электрооборудование внутри помещений

В помещениях для приготовления пищи, кроме кухонь квартир, светильники с лампами накаливания, устанавливаемые над рабочими местами (плитами, столами и т.п.) должны иметь снизу защитное стекло.

Светильники с люминесцентными лампами, должны иметь решетки или сетки либо ламподержатели, исключающие выпадение ламп.

В ванных комнатах, душевых и санузлах должно применяться только то электрооборудование, которое специально предназначено для установки в соответствующих зонах указанных помещений по ГОСТ Р 50571.11 – 96 «Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 701. Ванные и душевые помещения»

Электрооборудование должно иметь степень защиты по воде не ниже чем:

- в зоне 0 - IPX7;
- в зоне 1 – IPX5;
- в зоне 2 – IPX4 (IPX5 – в ваннах общего пользования);
- в зоне 3 – IPX1 (IPX5 – в ваннах общего пользования)

В зоне 0 могут использоваться электроприборы напряжением до 12 В, предназначенные для применения в ванне, причем источник питания должен размещаться за пределами этой зоны.

В зоне 1 могут устанавливаться только водонагреватели.

В зоне 2 могут устанавливаться водонагреватели и светильники класса защиты 2.

В зонах 0,1 и 2 не допускается установка соединительных коробок, распределителей и устройств управления.

Не допускается установка штепсельных розеток в ванных, душевых, мыльных помещениях бань, в помещениях с нагревателями для саун, в стиральных помещениях прачечных, за исключением ванных комнат квартир и номеров гостиниц.

В ванных комнатах квартир и номеров гостиниц допускается установка штепсельных розеток в зоне 3 по ГОСТ Р 50571.11 – 96, присоединенных к сети через разделительные трансформаторы или защищенных устройствами защитного отключения (УЗО), реагирующими на ток утечки не более 30 мА.

В зданиях при наличии трехпроводной сети штепсельные розетки должны устанавливаться на ток не менее 10 А с защитным контактом. Розетки должны иметь защитное устройство, автоматически закрывающее гнезда розетки при вынутой вилке, при размещении розеток в квартирах, жилых комнатах общежитий, в детских учреждениях (садах, яслях, школах и т.п.).

Минимальное расстояние до газопроводов от выключателей, штепсельных розеток и элементов электроустановок должно быть не менее 0,5 м.

Выключатели рекомендуется устанавливать на стене со стороны дверной ручки на высоте от пола до 1 м, допускается их установка под потолком с управлением при помощи шнура.

Выключатели следует устанавливать на высоте 1,8 м от пола в помещениях для пребывания детей в детских учреждениях (садах, яслях, школах и т.п.)

В помещениях умывальников и зонах 1 и 2 по ГОСТ Р 50571.11 – 96 ванных и душевых помещений допускается установка выключателей, приводимых в действие шнуром.

Выключатели сети освещения чердаков, имеющих строительные конструкции из горючих материалов, должны иметь степень защиты не ниже IP44.

11.3.4. Защитные меры

Необходимо присоединять к нулевому защитному проводнику открытые проводящие части светильников общего освещения и стационарных электроприемников (электрических плит, кипятильников, бытовых кондиционеров, электрополотенц и т.п.).

Должны присоединяться к защитным проводникам трехпроводной группой сети в помещениях металлические корпуса однофазных переносных электроприборов и настольных средств оргтехники.

К защитным проводникам должны присоединяться металлические каркасы перегородок, дверей и рам, используемых для прокладки кабелей.

В помещениях без повышенной опасности допускается применение подвесных светильников, не оснащенных зажимами для подключения защитных проводников, при условии, что крюк для их подвески изолирован.

Для защиты групповых линий, питающих штепсельные розетки для переносных электрических приборов, рекомендуется предусматривать устройства защитного отключения (УЗО).

Установка УЗО является обязательной, если защита от сверхтока (например, тока короткого замыкания) – автоматический выключатель, предохранитель – не обеспечивает время автоматического отключения 0,4 с при номинальном напряжении 220 В из-за низких значений токов короткого замыкания и установка (квартира) не охвачена системой уравнивания потенциалов.

В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником.

Рекомендуется использовать УЗО, предоставляющее собой единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтоков.

Обязательна установка УЗО с номинальным током срабатывания не более 30 мА для групповых линий, питающих розетки вне помещений и в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью, например в зоне 3 ванных и душевых помещений квартир и номеров гостиниц.

Рекомендуется установка УЗО на квартирных щитках, допускается их установка на этажных щитках.

Рекомендуется установка УЗО с током срабатывания до 300 мА на вводе в квартиру, индивидуальный дом и т.п. для повышения уровня от возгорания при замыканиях на заземленные части, когда величина тока замыкания недостаточна для срабатывания максимальной токовой защиты.

Должна быть выполнена система уравнивания потенциалов на вводе в здание путем соединения проводящих частей:

- основной (магистральный) защитный проводник;
- основной (магистральный) заземляющий проводник или основной заземляющий зажим;
- стальные трубы коммуникаций зданий и между зданиями;
- металлические части строительных конструкций, молниезащиты, системы центрального отопления, вентиляции и кондиционирования.

Такие проводящие части должны быть соединены между собой на вводе в здание.

Обязательна дополнительная система уравнивания потенциалов для ванных и душевых помещений, которая должна предусматривать в том числе присоединения сторонних проводящих частей, выходящих за пределы помещения. При отсутствии электрооборудования с присоединенными к системе уравнивания потенциалов нулевыми защитными проводниками систему уравнивания потенциалов следует присоединять к РЕ зажиму на вводе.

Нагревательные элементы, замоноличенные в пол, должны быть покрыты заземленной металлической сеткой или заземленной металлической

оболочкой, присоединенной к системе уравнения потенциалов. В качестве дополнительной защиты для нагревательных элементов рекомендуется использовать УЗО на ток до 30 мА.

Контрольные вопросы

1. Что такое наряд?
2. Кто относится к административно-техническому персоналу?
3. Чем отличается глухозаземленная нейтраль от изолированной нейтрали?
4. Для чего предназначены нулевой защитный и нулевой рабочий проводники?
5. Виды комплектных распределительных устройств.
6. В каких электроустановках применяется электрооборудование с нормальной изоляцией, а в каких с облегченной?
7. Кем проводятся приемо-сдаточные испытания оборудования?
8. В каких случаях комплексное опробование считается проведенным?
9. Что является основным документом учета технического состояния электрооборудования?
10. Как подразделяется электротехнический персонал?
11. Кто допускается к оперативному обслуживанию электроустановок до 1 кВ и выше 1 кВ?
12. С какой периодичностью проводятся очередные проверки знаний для инженерно-технического персонала?
13. Что входит в обязанности ответственного за электрохозяйство?
14. Кто несет персональную ответственность за нарушение в работе электроустановок?
15. Какие формы управления электрохозяйством различают в зависимости от суммарной годовой трудоемкости по ремонту энергооборудования?
16. В зависимости от чего устанавливается численность службы главного энергетика на промышленных предприятиях?
17. Перечислите обязанности главного энергетика.
18. Какая документация включается в паспорт кабельной линии?
19. Какие перегрузки по току для кабелей с различной изоляцией допускается на период ликвидации аварии?
20. В чем преимущества кабеля с СПЭ-изоляцией?

21. Перечислите наиболее характерные причины повреждения изоляции кабелей.
22. Какие существуют методы нахождения места повреждения кабельных линий?
23. В каких случаях работы по рытью траншеи для устранения повреждения кабеля немедленно прекращаются?
24. Какие светильники применяются для освещения рабочих мест в колодцах и туннелях?
25. Периодичность осмотров воздушных линий?
26. На какое расстояние нельзя приближаться к лежащему на земле проводу ВЛ напряжением выше 1 кВ?
27. Какие работы производятся на воздушных линиях электропередачи по наряду?
28. В какие сроки производятся очередные осмотры без отключения трансформаторов?
29. Допустимые температуры верхних слоев масла при номинальной нагрузке трансформаторов с различными системами охлаждения.
30. В каких случаях проводят внеочередные осмотры трансформаторов?
31. Какими показателями характеризуется качество трансформаторного масла?
32. Когда сопротивление обмоток трансформатора считается нормальным?
33. В какие сроки производятся осмотры распределительных устройств без отключения?
34. Периодичность осмотров РУ напряжением до 1 кВ.
35. Периодичность визуальных осмотров заземляющего устройства.
36. Какие испытания проводятся для определения технического состояния заземляющего устройства?
37. Какие приборы используются для измерения сопротивления заземляющих устройств?
38. В каких случаях электродвигатели должны быть немедленно отключены от сети?
39. Какие существуют методы сушки изоляции электродвигателя?
40. В каких направлениях измеряется вибрация подшипников электродвигателя?
41. Причины вибрации подшипников электродвигателей?

42. Какие напряжения применяются для питания переносных электрических светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных?

43. Рекомендованная периодичность очистки светильников общего освещения для различных цехов?

44. Сколько раз в год проводится осмотр и проверка исправности аварийного освещения?

45. Как рекомендуется выполнять электропроводку в технических этажах, подвалах, чердаках?

46. Какое минимальное расстояние допускается от выключателей и штепсельных розеток до газопроводов?

Библиографический список

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России – М.: ЗАО «Энергосервис», 2003.–392 с.

2. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изм. и доп.). – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.–192 с.

3. Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие правила. Глава 1.8 «Нормы приемо-сдаточных испытаний». 7-е издание. М.: ЗАО «Энергосервис». 1999.–112 с.

4. Правила устройства электроустановок. Раздел 6. Электрическое освещение. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Глава 7.1 «Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий». Глава 7.2 «Электроустановки зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений». – 7 издание. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 1999.–80 с.

5. Акимов Н.А., Котеленец Н.Ф., Сентюрихин Н.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: Учеб. пособие для сред. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.–296 с.

6. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. пособие для проф. учеб. заведений: - М.: «Высшая школа», 2003, - 462 с., ил.

7. Кисаримов Р.А. Наладка электрооборудования. Справочник – М.: «РадиоСофт», 2004.–352 с., ил.

8. Колпачков В.И., Ящура А.И. Производственная эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт энергетического оборудования. Справочник – М.: ЗАО «Энергосервис», 1999.–493 с.

9. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990.–480 с., ил.

10. Нормативные основы устройства и эксплуатации электроустановок. – Нормативно-технический сборник. – Барнаул, 2002.–976 с.