

**Министерство сельского хозяйства РФ  
Новозыбковский сельскохозяйственный техникум –  
филиал  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный  
университет»**

**ПМ05 МДК 05.01. Выполнение работ по рабочей  
профессии электромонтер по ремонту и обслуживанию  
электрооборудования**

Учебное пособие

**Брянск, 2015**

УДК 37:621(07)  
ББК 74:31.26  
В 92

ПМ05 МДК 05.01. Выполнение работ по рабочей профессии электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования: учебное пособие / Сост. В.И. Ковалев. – Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2015. – 292 с.

Курс лекций составлен в соответствии с рабочей программой по ПМ05 МДК 05.01. Выполнение работ по рабочей профессии электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования. Помимо теоретического материала в нем содержатся вопросы для повторения и список литературы для подготовки к занятиям.

Печатается по решению методического совета Новозыбковского филиала Брянского ГАУ.

© Ковалев В.И., 2015  
© ФГБОУ ВО «Брянский  
государственный  
аграрный университет», 2015

## Оглавление

Введение.....	4
1.1 Организация рабочего места слесаря .....	5
1.2 Паяние.....	16
1.3 Склеивание.....	29
1.4 Типовые соединения электрической цепи .....	32
1.5 Изделие и прокладка кабелей и проводов.....	40
1.6.1 Электромонтажные работы .....	51
1.6.2 Электромонтажные работы .....	89
1.6.3 Электромонтажные работы .....	97
1.7.1 Монтаж и ремонт осветительных установок. Электрические счетчики.....	123
1.7.2 Электрические счетчики.....	147
1.8 Монтаж и ремонт аппаратов защиты.....	177
1.9 Монтаж и ремонт пускорегулирующей аппаратуры.....	194
1.10 Общие сведения о кабельных линиях.....	201
1.11 Монтаж и ремонт воздушных линий электропередач .....	221
1.12. Монтаж и ремонт защитного заземления и зануления .....	242
1.13 Монтаж и ремонт электрических машин .....	252
1.14 Монтаж и ремонт трансформаторов .....	264
1.15 Монтаж и ремонт трансформаторных подстанций .....	273
1.16 Эксплуатация аккумуляторов.....	282
Дополнительная литература для студентов .....	291
Использованная литература .....	291

## Введение

Научно-технический прогресс предполагает повышение производительности труда, технического уровня и качества продукции, радикальное улучшение использования материалов, топлива и энергии. Именно с этих позиций следует рассматривать вопросы технической эксплуатации и ремонта электрического и электромеханического оборудования.

Важную роль в обеспечении надежной работы и увеличении эффективности использования электрического и электромеханического оборудования играет его правильная эксплуатация, составными частями которой является, в частности, хранение, монтаж, техническое обслуживание и ремонты. Важным резервом является также правильный выбор оборудования по мощности и уровню использования. По оценкам специалистов, это позволяет экономить до 20 – 25% потребляемой электрической энергии.

Качественный ремонт оборудования может быть обеспечен только на специализированном предприятии с высоким уровнем технологической дисциплины и с использованием технологических процессов, применяемые на заводах-изготовителях этого оборудования. Ремонт крупных электрических машин, мощных трансформаторов и электрических аппаратов, как правило, обеспечивается за счет применения фирменного ремонта, осуществляемого силами предприятия-изготовителя.

В масштабах России централизованного ремонту подвергается до 25% электрооборудования, а основная его часть ремонтируется самими потребителями. Если крупные заводы металлургической и машиностроительной промышленности обладают для этого специализированными цехами, то на большинстве предприятий ремонт производится по упрощенной технологии с невысоким качеством и повышенной себестоимостью. Поэтому при определении целесообразности осуществления ремонта и выборе его формы следует иметь в виду, что после капитального ремонта оборудование не должно уступать по своим энергетическим и эксплуатационным свойствам новому.



## 1.1 Организация рабочего места слесаря

План занятий:

1. Слесарные работы.
2. Научная организация слесарных работ.
3. Общие требования к организации рабочего места слесаря.

### **Слесарные работы. Профессия слесаря**

Слесарные работы – это обработка металлов, обычно дополняющая станочную механическую обработку или завершающая изготовление металлических изделий соединением деталей, сборкой машин и механизмов, а также их регулированием. Слесарные работы выполняются с помощью ручного или механизированного слесарного инструмента либо на станках.

Особое развитие слесарное ремесло получило после Великой Октябрьской социалистической революции. Наши учёные, инженеры, техники и рабочие много сделали, чтобы заменить тяжелый, малопроизводительный ручной труд работой механизмом машин. С появлением металлорежущих станков и их совершенствованием постепенно сокращалась роль и доля ручного труда, который стал заменяться трудом строгальщиков, токарей, фрезеровщиков, шлифовщиков и др. Но одной из ведущих остаётся профессия слесаря. По – прежнему ценится труд слесаря – мастера, от которого требуется умение выполнять все виды ручной обработки металлов.

### **Слесарные работы. Виды слесарных работ**

Слесарные работы применяются в различных видах производства. Вследствие этого слесари – универсалы подразделяются по видам работ:

- Слесари-сборщики собирают машины и механизмы
- Слесари-ремонтники осуществляют техническое обслуживание и ремонт машин и механизмов
- Слесари-инструментальщики обеспечивают производство инструментами и приспособлениями
- Слесари по монтажу приборов выполняют установку их на место, подвод различных видов энергии и т. д.

Слесарные работы различных видов объединяет единая технология выполнения операций, к которым относятся разметка, рубка, правка и гибка, резка, опиливание, сверление, зенкование и зенкерование, развертывание отверстий, нарезание резьбы, клёпка, шабрение, распиливание и припасовка, притирка и доводка, пайка, лужение, склеивание.

На предприятиях или в мастерских, выпускающих разнообразные изделия в небольших количествах (единичное производство), от слесарей требует универсальность. При необходимости он производит ремонт и монтаж станков, изготавливает приспособления.

На предприятиях серийного производства, где изготавливают однородные детали большими партиями, повышается точность механической обработки и соответственно уменьшается объём слесарных работ, но слесарь выполняет ручные работы, которые не могут быть выполнены машиной.

Труд слесаря продолжает оставаться необходимым и на предприятиях массового производства, где однородная продукция выпускается в больших количествах и продолжительное время (год, два и более).

Рабочего высокой квалификации характеризуют культура труда, профессиональная этика, высокие производительность труда и качество продукции.

### **Слесарные работы. Культура и производительность труда**

Качество продукции. Культура труда рассматривается как умение и привычка рационально планировать, организовывать и контролировать свою работу. В сфере конкретной трудовой деятельности рабочего труда и профессиональной этики гуманными началами, как любовь к своему делу, верность профессиональному долгу и трудовым традициям рабочего класса нашей страны.

Производительность труда – плодотворность, продуктивность производственной деятельности людей. Производительность труда измеряется количеством продукции, произведённой работником в сфере материального производства за единицу рабочего времени ( час, смену, месяц, год ), или количеством времени, которое затрачено на производство единицы продукции.

Одним из важных условий повышения производительности труда является устранение причин, ведущих к потере рабочего времени. Для этого требуется организованность и самодисциплина.

Качество продукции – совокупность свойства продукции, удовлетворяющих определённым потребностям в соответствии с её назначением. Качество продукции определяется при одновременном рассмотрении и оценке технических, эксплуатационных, конструкторских, технологических параметров, норм надёжности и долговечности, художественно – эстетических свойств и экономических показателей.

Надёжность – свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки.

Долговечность – способность изделия сохранять свои свойства (производительность, безотказность, точность и т. п.) в заданных пределах длительное время. Показателем долговечности может быть ресурс времени или объём работы при установленной нагрузке.

### **Слесарные работы. Научная организация слесарных работ**

Общее положение. Для успешного выполнения производственных заданий недостаточно располагать современным оборудованием, механизмами, приспособлениями, инструментами и квалифицированными рабочими – нужно соответствующим образом организовать труд. Решению этих задач способствует научная организация труда.

Научная организация труда включает в себя такие элементы, как оборудование учебных мастерских, организация рабочих мест (планировка, освещение) и трудового процесса (рабочая поза, рабочие движения и их элементы), разработка режима труда (темп, ритм), создание оптимальных санитарно – гигиенических (микроклимат, шум, вибрации, освещённость, личная гигиена) и эстетических (цвет окраски, одежда, музыка) условий труда, противопожарные мероприятия и обеспечение безопасности труда.

Окружающая рабочего изо дня в день производственная обстановка оказывает на него и его работу большое влияние. Она может вызвать подъём настроения, активность, желание лучше и больше работать или, наоборот, равнодушие, безразличие и даже уныние, пассивность и нежелание трудиться. Следовательно, нельзя недооценивать производственную обстановку, необходимо правильно использовать этот резерв улучшения качества работы и повышения производительности труда.

Оборудование слесарных мастерских. В слесарных мастерских и на участках располагается оборудование индивидуального и общего пользования. К оборудованию индивидуального пользования относятся верстаки с тисками. К оборудованию общего пользования относятся: сверлильные и простые заточные станки (точильно – шлифовальные); опилочно-зачистные станки; поверочные и разметочные плиты; винтовой пресс; ножовочный станок; рычажные ножницы; плиты для правки и др.

Слесарный верстак является одним из основных видов оборудования рабочего места для выполнения ручных работ и представляет собой специальный стол, на котором выполняют слесарные работы.

Слесарные верстаки бывают одно – и многоместными. Одноместные имеют длину 1000...1200 мм, ширину 700...800 мм, высоту 800...900 мм, а многоместные – длину в зависимости от числа работающих, а ширину и высоту – те же, что и одноместные верстаки. Наиболее удобные и более широко применяются одноместные верстаки.

Многоместные слесарные верстаки имеют существенный недостаток: когда один рабочий выполняет точные работы (разметку, опиливание, шабрение), а другой в это время производит рубку или клёпку, то в результате вибрации верстака нарушается точность работ, выполняемых первым рабочим.

Слесарные тиски представляют собой зажимные приспособления для удерживания обрабатываемой детали в нужном положении. В зависимости от характера работы применяют ступовые, с параллельными губками и ручные тиски.

Стуловые тиски получили своё название от способа крепления их на деревянном основании в виде стула, в дальнейшем они были приспособлены для закрепления на верстаках.

Стуловые тиски применяют редко и только для выполнения грубых тяжёлых работ, связанных с применением ударной нагрузки, - при рубке, клёпке, гибке и пр.

Тиски с параллельными губками и ручным приводом выпускают трёх типов:

1 – поворотные, 2 – неповоротные, 3 – инструментальные со свободным ходом передней губки.

Поворотные тиски с параллельными губками могут поворачиваться на угол не менее 60 градусов. Корпус тисков с параллельными губками изготавливают из серого чугуна. Для увеличения срока службы тисков к рабочим частям губок прикрепляют винтами стальные (из инструментальной стали У8) пластины с сетчатой насечкой. Поэтому для зажима обработанной чистой поверхности детали (изделия) рабочие части губок тисков закрывают накладными пластинами ("нагубниками"), изготовленными из мягкой стали, латуни, меди, алюминия, кожи и др.

Размеры слесарных тисков определяются шириной их губок, которая для поворотных тисков составляет 80 и 140мм с наибольшим раскрытием губок 95 и 180мм.

Неповоротные тиски с параллельными губками имеют основание с помощью которого они крепятся болтами к крышке верстака, неподвижную губку и подвижную. Для увеличения срока службы рабочие части губок делают сменными в виде призматических пластинок с сетчатой насечкой из инструментальной стали У8 и прикрепляют к губкам винтами. Ширина губок неповоротных тисков – 80 и 140 мм с наибольшим раскрытием губок 95 и 180 мм.

Тиски с дополнительными губками для труб кроме общего назначения могут быть использованы для закрепления труб благодаря дополнительному призматическому вырезу. Наибольшие диаметры зажимаемых труб составляют 60 , 70 и 140 мм.

При работе на тисках нужно соблюдать следующие правила:

-перед началом работы осматривать тиски, обращая особое внимание на прочность их крепления к верстаку;

-не выполнять на тисках грубых работ (рубки, правки или гибки) тяжелыми молотками, так как это приводит к быстрому разрушению тисков;

-при креплении деталей в тисках не допускать ударов по рычагу, что может привести к срыву резьбы ходового винта или гайки;

-по окончании работ очищать тески волосяной щёткой от стружки, грязи и пыли, а направляющие и резьбовые соединения смазывать маслом; разводить губки тисков, так как в сжатом состоянии возникают излишние напряжения в соединении винта и гайки.

Ручные слесарные тиски применяются для закрепления деталей (заготовок) небольших размеров при опиливании либо сверлении, так как их неудобно или опасно держать руками.

Ручные тиски различают трёх типов – шарнирные с коническим креплением и пружинные.

Их изготавливают с шириной губок 36, 40, 50, и 56 мм и раскрытием губок 28, 30, 40, 50 и 55 мм, а для мелких работ – с шириной губок 6, 10, и 16 мм и раскрытием губок 5,5 и 6,5 мм.

### **Слесарные работы. Общие требования к организации рабочего места слесаря**

Одним из основных элементов организации рабочего места является его планировка, при выполнении которой учитывают требования научной организации труда к расположению рабочего места по отношению к другим рабочим местам в мастерской, расположению оборудования, местоположению рабочего и оснастки, размещению инструментов, приспособлений (порядок на рабочем месте).

Расстояния от тары с заготовками и готовой продукцией и оборудования (верстака) до рабочего должны быть такими, чтобы рабочий мог использовать преимущественно движение рук.

При планировке рабочих мест должны учитываться: зоны досягаемости рук в горизонтальной и вертикальной плоскостях; количество сочленений тела, участвующих в движениях.

Наиболее удобная, оптимальная зона определяется полудугой радиусом примерно 300 мм для каждой руки. Максимальная зона досягаемости – 430мм без наклона корпуса и 650 мм – с наклоном корпуса не более чем на 30 градусов для учащегося среднего роста.

Основные требования по соблюдению указанного порядка на рабочих местах состоят в следующем:

- всё необходимое для работы должно находиться под рукой, чтобы можно было сразу найти нужный предмет;

- инструменты и материалы, которые во время работы требуются чаще, размещают ближе к себе, а применяемые реже – дальше; все используемые предметы располагают примерно на высоте пояса;

- инструменты и приспособления размещают так, чтобы их удобно было брать соответствующей рукой: что берут правой рукой – держат справа, что берут левой – слева; что используют чаще – кладут ближе, что используют реже – дальше;

- нельзя класть один предмет на другой или на отделанную поверхность детали;

- документацию (чертежи, технологические или инструкционные карты, наряды и др.) держат в удобном для пользования и гарантированном от загрязнения месте;

- заготовки и готовые детали хранят так, чтобы они не загромождали проходы и чтобы рабочему не приходилось часто нагибаться, если надо взять или положить заготовку или изделие; лёгкие предметы кладут выше тяжёлых.

### **Слесарные работы. Пайка, лужение, склеивание.**

#### **Слесарные работы. Общие сведения о пайке. Припой и флюсы**

Общие сведения. Пайка – это процесс получения неразъёмного соединения материалов с нагревом ниже температуры их автономного расплавления путём смачивания, растекания и заполнения зазора между ними расплавленным припоем и сцепления их при кристаллизации шва. Пайку широко применяют в различных отраслях промышленности.

К преимуществам пайки относятся: незначительный нагрев соединяющихся частей, что сохраняет структуру и механические свойства металла; сохранения размеров и форм детали; прочность соединения.

Современные способы позволяют паять углеродистые, легированные и нержавеющей стали, цветные металлы и их сплавы.

Припой – это качество, прочность и эксплуатационная надёжность паяльного соединения. Припои должны обладать следующими свойствами:

- иметь температуру плавления ниже температуры плавления спаиваемых материалов;

- обеспечивать достаточно высокую сцепляемость, прочность, пластичность и герметичность паяного соединения;

- иметь коэффициент термического расширения, близкий к соответствующему коэффициенту паяемого материала.

Легкоплавкие припои широко применяют в различных отраслях промышленности и быта; они представляют собой сплав олова со свинцом.

Легкоплавкие припои служат для пайки стали, меди, цинка, свинца, олова и их сплавов серого чугуна, алюминия, керамики, стекла и др. Для получения специальных свойств к оловянно-свинцовым припоям добавляют сурьму, висмут, кадмий, индий, ртуть и другие металлы. При слесарных работах чаще применяют припой ПОС 40.

Тугоплавкие припои представляют собой тугоплавкие металлы и сплавы, из них широко применяют медно-цинковые и серебряные.

Добавка в небольших количествах бора повышает твёрдость и прочность припоя, но повышает хрупкость паяных швов.

Согласно ГОСТу медно-цинковые припои выпускают трёх марок: ПМЦ-38 для паяния латуни с 60...68% меди; ПМЦ-48 – для паяния медных сплавов, меди свыше 68%; ПМЦ-54 – для паяния бронзы, меди, томпака и стали. Медно-цинковые припои плавят при 700...950 градусах.

Флюсы применяют для удаления оксида химических веществ. Флюсы улучшают условия смачивания поверхности, растворяя имеющиеся на поверхности паяемого металла и припоя оксидные плёнки.

Различают флюсы для мягких и твёрдых припоев, а также для пайки алюминиевых сплавов, нержавеющей стали и чугуна.

### **Слесарные работы. Инструменты для пайки. Виды паяных швов**

Паяльники. Особую группу составляют паяльники специального назначения: ультразвуковые с генератором ультразвуку-



ковой частоты (УП-21); с дуговым обогревом; с вибрирующими устройствами и др.

Паяльники периодического подогрева подразделяются на угловые, или молотковые, и прямые, или торцовые. Первые применяют наиболее широко. Паяльник представляет собой определённой формы кусок меди, закреплённый на железном стержне с деревянной рукояткой на конце.

К паяльникам непрерывного подогрева относят газовые и бензиновые.

Электрические паяльники применяют широко, так как они просты по устройству и удобны в обращении. При их работе не образуются вредные газы, и нагреваются быстро – в течение 2...8 мин., что повышает качество пайки. Электрические паяльники бывают (а)- прямыми и (б)- угловыми.

Виды паяных швов. В зависимости от предъявляемых к спаиваемым изделиям требований паяные швы разделяют на три группы:

- прочные, обладающие определённой механической прочностью, но не обязательно герметичностью;
- плотные – сплошные герметичные швы, не допускающие проникновения какого-либо вещества;
- плотнопрочные, обладающие и прочностью, и герметичностью.

Соединяемые детали должны хорошо подгоняться одна к другой.

### **Слесарные работы. Пайка мягкими и твёрдыми припоями**

Пайка мягкими припоями делится на кислотную и бескислотную. При кислотной пайке в качестве флюса употребляют хлористый цинк или техническую соляную кислоту при бескислотной – флюсы, не содержащие кислот: канифоль, терпентин, стеарин, паяльную пасту и др. Бескислотной пайкой получают чистый шов; после кислотной пайки не исключена возможность появления коррозии.

Пайку твёрдыми припоями применяют для получения прочных и термостойких швов и осуществляют следующим образом:

-поверхности подгоняют друг к другу припиливанием и тщательно очищают от грязи, оксидных плёнок и жиров механическим или химическим способом;

-подогнанные поверхности в месте спая покрывают флюсом;

-на место спая накладывают кусочки припоя – медные пластинки и закрепляют их мягкой вязальной проволокой; подготовленные детали нагревают паяльной лампой;

-когда припой расплавится, деталь снимают с огня и держат в таком положении, чтобы припой не мог стекать со шва;

-затем деталь медленно охлаждают (охлаждать в воде деталь с напаянной пластинкой нельзя, так как это ослабит прочность соединения).

**Безопасность труда.** При пайке и лужении необходимо соблюдать следующие правила безопасности:

-рабочее место паяльника должно быть оборудовано местной вентиляцией (скорость движения воздуха не менее 0,6м/с);

-не допускается работа в загазованных помещениях;

-по окончании работы и принятием пищи следует тщательно мыть руки с мылом;

-серную кислоту следует хранить в стеклянных бутылках с притёртыми пробками; пользоваться нужно только разведённой кислотой;

-при нагреве паяльника следует соблюдать общие правила безопасного обращения с источником нагрева;

-у электрического паяльника рукоятка должна быть сухой и не проводящей тока.

## **Слесарные работы. Склеивание.**

### **Общие сведения**

Склеивание – это процесс соединения деталей машин, строительных конструкций и других изделий с помощью клеев.

Клеевые соединения обладают достаточной герметичностью, водо- и маслостойкостью, высокой стойкостью к вибрационным и ударным нагрузкам. Склеивание во многих случаях может заменить пайку, клёпку, сварку, посадку с натягом.

Надёжное соединение деталей малой толщины возможно, как правило, только склеиванием. Клеящие вещества. Суще-

ствуется несколько видов клея БФ, выпускаемый под марками БФ-2, БФ-4, БФ-6 и др.

Универсальный клей БФ-2 применяют для склеивания металлов, стекла, фарфора, бакелита, текстолита и других материалов.

Клей БФ-4 и БФ-6 применяют для получения эластичного шва при соединении тканей, резины, фетра. По сравнению с другими клеями они имеют небольшую прочность.

Карбинольный клей может быть жидким или пастообразным (с наполнителем). Клей пригоден для соединения стали, чугуна, алюминия, фарфора, эбонита и пластмасс и обеспечивает прочность склеивания в течение 3-5 ч после приготовления.

Бакелитовый лак – раствор смол в этиловом спирте. Применяют для наклейки накладок на диски муфт сцепления.

Технологический процесс склеивания независимо от склеиваемых материалов и марок клеев состоит из следующих этапов: подготовка поверхностей к склеиванию – взаимная подготовка, очистка от пыли и жира и придание необходимой шероховатости; нанесения клея кистью, шпателем, пульверизатором; затвердевание клея и контроль качества клеевых соединений.

Дефекты. Причины непрочности клеевых соединений:

- плохая очистка склеиваемых поверхностей;
- неравномерное нанесение слоя на склеиваемые поверхности;
- затвердевание нанесённого на поверхности клея до их соединения;
- недостаточное давление на соединяемые части склеиваемых деталей;
- неправильный температурный режим и недостаточное время сушки клеевого соединения.

### **Вопросы для повторения:**

1. Виды слесарных работ?
2. Какие безопасные условия при слесарных работах должны соблюдаться?
3. Назовите инструменты для слесарных работ?
4. Механизация слесарных работ?

## 1.2 Паяние

План занятий:

1. Область применения.
2. Инструменты и приспособления.
3. Технология паяния.
4. Правила техники безопасности при пайке.

Технология пайки намного проще, чем обычно считается. Изучив внимательно следующие рекомендации и проведя затем пробные пайки, можно убедиться, что это во многих случаях практичная и дешевая техника соединения.

Пайка — это такая техника, при которой твердые металлические детали очень прочно, неподвижно и герметично соединяют друг с другом с помощью расплавленного металла. Этот метод был открыт египтянами 5 тыс. лет назад. Все без исключения упомянутые в этой книге металлы можно паять.

Пайка и сварка очень тесно связаны между собой (25). В отличие от сварки, в результате которой края металлических деталей расплавляются и при остывании образуют очень плотное соединение, при пайке соединяемые металлические детали только нагреваются, но остаются твердыми. В качестве соединительного средства (припоя) используют металлические сплавы, которые плавятся при нагревании и, сплавляясь с нагретыми поверхностями, соединяют детали. Чтобы предохранить зачищенные поверхности соединяемых деталей от окисления, используют паяльный флюс.

При пайке температура плавления припоя ниже температуры плавления соединяемых деталей, в то время как при сварке эти температуры очень близкие. Качественно выполненное пайкой соединение иногда выдерживает даже более высокие механические нагрузки, чем основной материал. Определенные виды спаянных соединений можно даже сгибать и перекручивать. Спаянные и сварные соединения, как и клеевые соединения, являются неразъемными.

Сейчас металл в строительстве и быту в значительной мере вытеснен синтетическими материалами (трубопроводы, легкие

строительные конструкции, емкости, посуда и т. п.). Поэтому к пайке обращаются уже не так часто, как раньше. Она, однако, не потеряла своего значения как техника соединения металлов, прежде всего в случаях ремонта металлических предметов.

Основные понятия.

Для пайки наиболее важно определить необходимый припой и паяльный флюс. При пайке место спайки следует нагреть до такого состояния, чтобы начал плавиться припой, а не металл соединяемых деталей. Припой — это сплав, который при нагреве сначала размягчается, и лишь при дальнейшем повышении температуры становится жидким. Интервал между этими температурами называют зоной плавления припоя. Рабочая температура — это такая температура, при которой происходит сплавление жидкого припоя с нагретыми металлическими деталями. Этот процесс может начинаться при температуре припоя, превосходящей температуру его плавления.

Время пайки — это промежуток времени от начала нагревания места спайки до затвердения припоя. В этот промежуток времени происходит и собственно процесс пайки. На время пайки влияет качество паяльного флюса, который наносят на место спайки перед нагреванием, но в целом процедура занимает 4—5 минут. Паяльный инструмент должен выделять достаточно тепла, чтобы 2 мин нагрева было достаточно для расплавления припоя и его схватывания с металлом. В противном случае возможен недопустимый перегрев флюса и детали.

Различают мягкую, твердую и высокотемпературную пайку. Последняя не используется в работах по дому. Техника пайки твердым и мягким припоем одинакова, разница только в том, что при мягкой пайке рабочая температура не превосходит 450°С, а при твердой пайке температура выше 450°. (При высокотемпературной пайке температура достигает 600—900°С.) Соединения твердой пайкой обладают большей прочностью, тугоплавкостью, а при использовании медного припоя — и ковкостью. Соединения мягкой пайкой обычно упругие и гибкие.

Паяльные приборы.

Они служат для нагревания мест спайки и для расплавления припоя.

Паяльники предназначают только для мягкой пайки, прежде всего для спайки металлических листов (26). Паяльник состоит из медной головки, которая отдает тепло, необходимое для нагрева места спайки и для расплавления припоя. Для крупных изделий, таких, как листы кровли, используют тяжелый медный наконечник массой до 500 г в форме молотка, для мелких деталей, например электровыключателей, применяют медные наконечники в виде изогнутой отвертки (27). Медный наконечник отдает тепло соединяемым металлическим частям, припою и воздуху, поэтому к нему необходимо постоянно подводить тепло.

Его нагревают либо в открытом пламени при горении пропана или бутана, бензина или керосина, либо при помощи электроподогрева. Изготавливают электропаяльные приборы различной мощности от 25 до 500 Вт в зависимости от цели применения.

### **Паяние**

Паяние — соединение металлических частей, находящихся в твердом состоянии, посредством расплавленных металлов, называемых припоями. При помощи припоев можно получить неразъемное и непроницаемое для жидкостей соединение. Сущность паяния заключается в том, что расплавленный металл (припой), введенный в зазор подогретых деталей, проникает в поры основного металла и, застывая, плотно соединяет их, образуя шов. К преимуществам паяния относятся: невысокая температура нагрева соединяемых деталей, сохранение структурных и механических свойств основного металла, чистота соединения, не требующая дальнейшей обработки, сохранение размеров и форм детали, достаточно высокая прочность соединения. Паяние бывает двух видов: твердыми припоями и мягкими припоями. Они различаются между собой прежде всего по температуре плавления. Мягкие припои плавятся при температуре до 300°, а твердые сплавы — при температуре свыше 550°. Кроме того, твердые припои обладают высокой механической прочностью (50 кг/мм<sup>2</sup>), близкой к прочности материала соединяемых деталей. Мягкие же припои имеют прочность всего 5—7 кг/мм<sup>2</sup>. Мягкие припои состоят из легкоплавких металлов: олова, свинца, сурьмы, висмута и т. д. Обычно паяние мягкими припоями применяют для деталей, не требующих высокой прочности, или же когда изделия не нужно нагревать до высокой температуры.

Пайку мягкими припоями производят при помощи паяльника. По виду паяльники бывают нормальные (молотковые) и торцовые (прямые), по назначению — круглые, полукруглые, квадратные, круглые пустотелые (радиаторные) и т. п.; по способу нагрева — простые, электрические, бензиновые и газовые. В колхозных мастерских обычно применяют только два вида паяльников: простые и электрические.

Простые паяльники наиболее удобны тем, что для их нагрева могут быть использованы горна, печи, паяльные лампы и даже просто костры. Электропаяльники применяются в основном для пайки мелких изделий. Паяльники, как правило, изготавливают из красной меди (обладающей большей теплоемкостью и теплопроводностью) весом 0,2—1 кг. Чем толще соединяемый паянием материал, тем тяжелее должен быть паяльник.

Изделия паяют только после тщательной их подготовки, которая заключается в плотном прилегании соединяемых деталей, тщательной очистке их поверхностей от окислов, окалины, жировых пятен и грязи. Очищают обычно механическим путем, напильниками, шиберами, металлическими щетками. Чтобы снять пленку окиси и предохранить очищенный металл от окисления в процессе паяния, применяют флюсы (хлористый цинк, соляную кислоту, хлористый аммоний, буру, канифоль, парафин и др.).

Обычно при паянии применяют травленную соляную кислоту. Травлением называют растворение кусочков цинка в кислоте. При паянии цинка и оцинкованного железа в качестве флюса берут водный раствор нетравленной соляной кислоты.

Процесс собственно пайки заключается в следующем: паяльник, нагретый до 400°, очищают напильником от окалины, опускают во флюс для снятия окиси и обслуживают припоем. Затем, захватив на кончик паяльника капли расплавленного припоя, его переносят на подготовленное место пайки и прогревают до тех пор, пока припой не соединится с металлом. Передвигая паяльник, постепенно пропаивают весь шов или подготовленный к пайке участок.

При пайке длинных швов, чтобы припаянные части не отделялись одна от другой, их вслед за паяльником прижимают каким-либо стержнем. Для пайки деталей в соединениях, подверженных большим нагрузкам и нагреву, а также при стыковых

соединениях применяют способы пайки твердыми медноцинковым и серебряным припоями.

Буквы в марке припоя обозначают: П—припой, МЦ—медноцинковый, а цифра — процент меди. В качестве медноцинковых припоев могут быть использованы стандартные сорта латуни марки Л-62, Л-68 в виде лент или проволоки.

Медноцинковые припои не пригодны для пайки изделий, подвергающихся высоким внутренним давлениям. Это объясняется тем, что медноцинковые припои теряют цинк до затвердения, поэтому в шве образуются поры. При высоких внутренних давлениях в качестве припоя применяют чистую (красную) медь. Красная медь — лучший припой для прочного соединения стальных изделий. Для пайки более тонких деталей, требующих особой чистоты шва или работающих в среде, способствующей усилению коррозии, применяют серебряные припои.

Подготовка деталей к соединению твердыми припоями заключается в следующем: соединяемые поверхности подгоняют так, чтобы они прилегали друг к другу без видимого зазора. Затем соединенные детали прочно стягивают проволокой и посыпают флюсом. На верх флюса кладут или насыпают мелкий припой и снова посыпают флюсом. В некоторых случаях флюс смачивают водой, доводя его до состояния густоты пасты. При пайке твердыми припоями в качестве флюса применяют буру.

Подготовленную к пайке деталь закладывают в горн и нагревают до тех пор, пока припой не станет течь, после этого деталь вынимают из горна. Крупные соединяемые паянием детали не вынимают из горна, а прекращают дутье и разгребают жар. Делается это для того, чтобы избежать вредного влияния внутренних напряжений при резкой смене температуры.

Напайка резцов. Составные резцы изготовляют напайкой на державку из обычной стали, пластинки—из быстрорежущей стали. В качестве припоя применяют сварочный порошок, состоящий из 60% ферросилиция и 40% обезвоженной буры. Ферросилиций измельчают до тонкого порошка в металлической ступке и просеивают через самое мелкое сито, также измельчают и буру, предварительно обезвожив ее нагреванием до плавления. Полученные порошки ферросилиция и буры смешивают между собой в указанной выше пропорции. В дальнейшем пайку



проводят так же, как и пайку чистой медью. Ферросилиций следует применять с содержанием кремния 40—50%. При большем содержании кремния к порошку нужно прибавить немного стальных опилок. Вместо ферросилиция можно применить ферромарганец. При напайке стали ЭЙ 184 и других, имеющих пониженную температуру закалки, рекомендуется применять сварочный порошок из 72% ферромарганца, 20% стекла и 8% буры. Напайка пластинок из твердых сплавов производится медью или припоем МЦ-52. Пайка чугуна производится так же, как и пайка стали, только припои применяются других составов.

Приготавливают припои сплавлением входящих в их состав отдельных металлов. При этом первым расплавляют наиболее тугоплавкий металл, а затем к нему добавляют металлы, имеющие более низкую температуру плавления. После того как все входящие в состав металлы будут засыпаны в тигель и расплавлены, их хорошо перемешивают и из полученной смеси отливают палочки, пластинки или растирают смесь до мелких зерен.

Целый ряд материалов (кобальт, титан, тантал, стекло, керамика и др.) невозможно паять вследствие того, что их нельзя предварительно покрыть слоем полуды, так как они не смачиваются припоем. Однако в некоторых особых случаях пайку таких материалов все же производят. Для этого круг наждачного точила подогревают паяльной лампой и к вращающемуся кругу на короткое время прижимают пруток припоя, который плавится и тонким слоем покрывает круг. Затем берут подлежащую пайке деталь и прижимают ее к покрытому припоем кругу. Развиваемое при этом тепло снова расплавляет припой, который и пристает к шлифуемой поверхности подлежащего к пайке неспаиваемого материала. После этого пайку производят обычным путем.

Большие трудности представляет пайка алюминия, поэтому ее следует производить с особой тщательностью. Алюминий паяют тремя способами. При первом способе пайку ведут специальными припоями. Паяние припоями АВИА № 2 и SnI Бюро стандартов США ведут следующим образом. Детали чистят напильником или шабером и затем промывают в бензине и нагревают пламенем паяльной лампы. Когда введенная в пламя палочка припоя начнет течь, алюминиевую поверхность вновь

чистят скребком, не отнимая пламени. После того как на деталь натечет достаточно припоя, пламя удаляют, а под припоем снова чистят скребком поверхность детали, чтобы удалить с нее окислый слой.

Пайку алюминия и его сплавов припоями АВИА № 1 и ВИАМ № 1 производят при помощи флюсов следующего состава (%): хлористый калий 45, хлористый натрий 30, хлористый литий 15, фтористый калий 7, кислый серноокислый натрий 3. Паяние ведут паяльником из мягкой стали, нагревают паяльник до 500—550°. Флюс наносят только на место, предназначенное для пайки, так как он сильно действует на алюминий и вызывает коррозию. Нагретым паяльником захватывают припой и ставят на место пайки, а когда деталь прогреется до 300—310°, то есть до начала выделения белых паров из алюминиевого флюса, паяльник двигают по месту пайки. После пайки остывшую деталь в месте шва промывают чистой водой и насухо вытирают. Пайку алюминия и его сплавов железистым припоем производят так же, как пайку железа, и обычными мягкими припоями. В качестве флюса применяют хлористый цинк.

Лужение — покрытие поверхности различного рода металлических изделий тонким слоем олова. Нанесенный слой олова называется полудой. Применяется лужение для защиты металлических изделий от окисления. В условиях колхозов и совхозов лужению подвергают посуду, предназначенную для варки пищи, хранения пищевых продуктов, а также тару для сбора, хранения и транспортировки молочных продуктов. Лужению подвергаются изделия из железа, меди и латуни.

Обычно лужение производят двумя способами: электролитическим и горячим. В данной работе рассматривается только второй способ, так как первый способ лужения применяют лишь в промышленных предприятиях. Основным материалом для полуды служат олово и его сплавы. Сплав олова со свинцом и цинком применяют для полуды металлических изделий, чтобы предохранить их от ржавчины. Чтобы получить красивую белую блестящую поверхность, изделия лудят сплавом олова и висмута. Такие сплавы применяют для художественных изделий. Металлическую посуду и тару, предназначенные для варки пищи и

хранения молочных и других продуктов, лудят чистым оловом марки 0,1 и 0,2.

Изделия, подлежащие полуде, предварительно протравливают раствором серной кислоты или соляной кислотой. Для приготовления обезжиривающих ванн пользуются каустической содой (едкий натрий) сорта В или Г или плавиковой кислотой. В качестве флюса при лужении применяют хлористый алюминий (нашатырь), хлористый цинк и соляную кислоту.

При лужении используют те же инструменты, что и при пайке (шаберы, напильники, клещи и т. д.), кроме того, применяют волосяные кисти для смазки изделия кислотой.

Лужение начинают с подготовки изделия. От этой операции в основном зависит качество лужения, чем лучше изделие будет подготовлено к лужению, тем лучше ляжет полуда. Обычно подготовку начинают с обезжиривания изделия проваркой его в течение 20—30 минут в 10-процентном растворе каустической соды. Обезжиренное изделие промывают чистой водой, сушат, а затем травят 30-процентным водным раствором серной кислоты. Для ускорения травления изделие подогревают до 50—60°. После травления кислотой изделие промывают и очищают мокрым песком, наждачной бумагой или металлическими скребками. Очищенное изделие промывают горячей водой и сушат.

Предварительно подготовленное изделие смазывают флюсом (соляная кислота, травленная цинком), кладут на горно и нагревают настолько, чтобы соляная кислота, которой смазано изделие, закипела. После этого вводят олово, которое, соприкасаясь с горячей поверхностью, плавится и растекается. В этот момент изделие посыпают порошком обезвоженного и хорошо просушенного нашатыря и растирают паклей жидкое олово, распределяя его ровным тонким слоем по всей поверхности изделия. Когда полуженное изделие остынет, полуду протирают мокрым песком, хорошо промывают и сушат.

### **Преимущества поверхностного монтажа**

Технология поверхностного монтажа по сравнению с технологией монтажа в отверстия обладает рядом преимуществ как в конструкторском, так и технологическом аспекте.

Снижение габаритов и массы печатных узлов. Компоненты для поверхностного монтажа имеют значительно меньшие размеры по сравнению с элементной базой для монтажа в отверстия. Как известно, большую часть массы и габаритов микросхемы составляет отнюдь не кристалл, а корпус и выводы. Размеры корпуса продиктованы в основном расположением выводов (могут существовать и другие факторы, например, требования по теплоотводу, но они значительно реже являются определяющими). Поверхностный монтаж позволяет применять компоненты с существенно меньшим шагом выводов благодаря отсутствию отверстий в печатной плате. Поперечные сечения выводов могут быть также меньше, поскольку выводы формируются на предприятии-изготовителе компонентов и не подвергаются существенным механическим воздействиям от распаковки до установки на плату. Кроме того, эта технология позволяет применять корпуса компонентов с контактными поверхностями, заменяющими выводы.

Современная технология поверхностного монтажа позволяет устанавливать компоненты с обеих сторон печатной платы, что позволяет уменьшить площадь платы и, как следствие, габариты печатного узла.

Улучшение электрических характеристик. За счет уменьшения длины выводов и более плотной компоновки значительно улучшается качество передачи слабых и высокочастотных сигналов.

Повышение технологичности. Это преимущество является, пожалуй, основным, позволившим поверхностному монтажу получить широкое распространение. Отсутствие необходимости подготовки выводов перед монтажом и установки выводов в отверстия, фиксация компонентов паяльной пастой или клеем, самовыравнивание компонентов при пайке – все это позволяет применять автоматическое технологическое оборудование с производительностью, недостижимой при соответствующей стоимости и сложности технических решений при монтаже в отверстия. Применение технологии оплавления паяльной пасты значительно снижает трудоемкость операции пайки по сравнению с ручной или селективной пайкой, и позволяет экономить материалы по сравнению с пайкой волной.

Повышение ремонтпригодности. Современное ремонтное оборудование позволяет снимать и устанавливать компоненты без повреждений даже при большом количестве выводов. При монтаже в отверстия эта операция является более сложной из-за необходимости равномерного прогрева достаточно теплоемких паяных соединений. При поверхностном монтаже теплоемкость соединений меньше, а нагрев может осуществляться по поверхности горячим воздухом или азотом. Тем не менее, некоторые современные компоненты для поверхностного монтажа являются настолько сложными, что их замена требует специального оборудования.

Снижение себестоимости. Уменьшение площади печатных плат, меньшее количество материалов, используемых в компонентах, автоматизированная сборка – все это при прочих равных условиях позволяет существенно снизить себестоимость изделия при серийном производстве.

### **Типичная последовательность операций**

В технологии поверхностного монтажа, как правило, применяются два метода пайки: пайка оплавлением припойной пасты и пайка волной. В зависимости от применяемого метода пайки последовательность операций различна.

Основное преимущество метода пайки волной – возможность одновременной пайки компонентов, монтируемых как на поверхность платы, так и в отверстия. При этом пайка волной является самым производительным методом пайки при монтаже в отверстия. В современных конструкциях доля монтажа в отверстия постоянно снижается, а развитие более экономной и качественной селективной пайки позволяет автоматизировать пайку компонентов, монтируемых в отверстия, без применения волны. Эти факторы приводят к тому, что производители все чаще отказываются от пайки волной, применяя метод оплавления для поверхностно-монтируемых компонентов и ручную или селективную пайку для компонентов, монтируемых в отверстия.

Пайка волной, как и селективная пайка, применяется при так называемой смешанной технологии, когда на плате одновременно присутствуют компоненты, монтируемые на поверхность и в отверстия. Полностью избавиться от монтажа в отвер-

ствия в большинстве современных устройств не удастся, тем не менее, множество изделий уже собирается с применением только поверхностного монтажа.

Прежде, чем привести типичную последовательность операций при использовании метода пайки оплавлением для сборки платы, не содержащей компонентов для монтажа в отверстия, рассмотрим состав и особенности паяльной пасты.

### **Паяльная паста**

Пайка оплавлением основана на применении специального технологического материала – паяльной пасты. Она содержит три основных составляющих: припой, флюс (активаторы) и органические наполнители.

Припой в паяльной пасте содержится в виде частиц, имеющих, как правило, форму шариков. Размер шариков составляет несколько десятков микрометров, типичное значение 20-25 мкм. Форма шариков наиболее оптимальна с точки зрения нанесения пасты, поскольку они легко и предсказуемо проходят через апертуры трафарета и иглы дозаторов и приводят к минимальному износу оснастки. Кроме того, шарик, имея минимальную площадь поверхности при заданном объеме, обладает наилучшими характеристиками по окислению. Проводились эксперименты с другими формами частиц, в основном для снижения скорости разделения фракций при хранении, однако их преимущества оказались незначительными, а недостатки существенными. Размер шариков влияет на так называемую разрешающую способность пасты, т.е. минимальный размер апертуры, через которую она может быть нанесена. Минимальный размер апертуры также зависит от оборудования нанесения, но обычно считается, что он должен быть примерно в 5 раз больше среднего диаметра шарика в пасте.

Состав припойного сплава, применяемого в пастах, такой же, как и при других методах пайки. Обычно это эвтектический сплав олово-свинец, либо SAC-сплав (Sn-Ag-Cu) при применении бессвинцовой технологии. Широкое распространение получили сплавы олово-свинец с добавлением 2% серебра, обеспечивающие снижение миграции серебра с покрытия контактных поверхностей компонентов в материал припоя. Также применя-

ются и другие сплавы, с содержанием висмута, индия, золота и других материалов.

Содержание припойной фракции обычно составляет порядка 50% по объему и 90-95% по массе.

Флюсы служат для подготовки поверхности перед пайкой. Их наличие в паяльной пасте является преимуществом метода оплавления, поскольку позволяет отказаться от операции нанесения флюса. Флюсы различаются по активности и методу удаления остатков. Активные флюсы применяются при пайке компонентов и плат с плохой паяемостью, либо когда качество подготовки поверхностей критично по другим причинам. В бессвинцовой технологии из-за худшего смачивания поверхностей припоем применяются более активные флюсы, чем при использовании оловянно-свинцовых припоев. Недостатком активных флюсов является необходимость их тщательного удаления после пайки. Остатки активных флюсов могут приводить к коррозии проводников платы в процессе эксплуатации, а также при повышенной влажности вызывать образование электролитов на поверхности плат, приводящих к гальваническим эффектам, например, росту медных дендритов.

По методу удаления остатков большинство флюсов делится на не требующие отмывки, водосмываемые и смываемые растворителями. Если флюс не требует отмывки, это не означает, что его остатков на плате после пайки нет. Остатки таких флюсов не влияют на внешний вид изделия и не приводят к выходу изделия из строя при нормальных условиях эксплуатации. Такие флюсы применяются в бытовой и лабораторной аппаратуре и имеют низкую активность. В аппаратуре, эксплуатируемой при воздействии повышенной влажности и в широком диапазоне температур, применение таких флюсов нежелательно, и их остатки должны быть удалены растворителями.

Остатки водорастворимых флюсов могут удаляться горячей деионизованной водой. Эти флюсы могут быть активны. Иногда в состав паст с водосмываемыми флюсами вводятся ПАВ, улучшающие процесс отмывки. Флюсы, требующие отмывки, должны удаляться в течение строго определенного промежутка времени после пайки. Обычно это время составляет 8 ч.

Ввиду широкой распространенности и технологичности водосмываемых флюсов и флюсов, не требующих отмывки, флюсы, смываемые растворителем, практически не применяются.

На текущий момент подавляющем большинстве случаев при сборке электроники применяются именно флюсы не требующие отмывки, т.к. это позволяет уменьшить количество операций и снизить стоимость процесса. Прочие органические наполнители вводятся в состав паяльных паст для регулирования их свойств, таких как тиксотропность, холодная и горячая осадка, клейкость и др.

Тиксотропность пасты является одним из важнейших свойств, обеспечивающих ее качественное нанесение. Паста обладает переменной вязкостью. При прохождении через апертуры трафарета или иглу дозатора вязкость пасты уменьшается, а после нанесения – увеличивается, что позволяет зафиксировать форму отпечатка.

Осадка пасты – ее неизбежное свойство, заключающееся в растекании отпечатка со временем. Из-за холодной осадки, происходящей при нормальной температуре, время жизни отпечатков до пайки ограничено. Горячая осадка, возникающая в процессе нагрева при оплавлении, может приводить к припойным перемычкам.

Паста также обладает клеящими свойствами для первичной фиксации компонента. Нанесенная на плату паста сохраняет клейкость ограниченное время, обычно составляющее порядка 8 ч. Кроме того, следует учитывать, что из-за клейкости паста имеет свойство собирать пыль.

Часто флюс и прочие органические наполнители в составе пасты считают за одну группу компонентов, несмотря на различное их назначение.

### **Вопросы для повторения:**

1. Какие инструменты используются для пайки?
2. Что называется флюсом, для чего они используются?
3. Что называется лужением?
4. Какая техника безопасности должна соблюдаться при выполнении пайки?



### 1.3 Склеивание

План занятий:

1. Склеивание: назначение, область применения.
2. Технологический процесс склеивания.
3. Марки клеев.

Общие сведения.

Склеивание – это процесс соединения деталей машин, строительных конструкций и других изделий с помощью клеев.

Клеевые соединения обладают достаточной герметичностью, водо- и маслостойкостью, высокой стойкостью к вибрационным и ударным нагрузкам. Склеивание во многих случаях может заменить пайку, клёпку, сварку, посадку с натягом.

Надёжное соединение деталей малой толщины возможно, как правило, только склеиванием.

Клеящие вещества. Существует несколько видов клея БФ, выпускаемый под марками БФ-2, БФ-4, БФ-6 и др.

Универсальный клей БФ-2 применяют для склеивания металлов, стекла, фарфора, бакелита, текстолита и других материалов.

Клей БФ-4 и БФ-6 применяют для получения эластичного шва при соединении тканей, резины, фетра. По сравнению с другими клеями они имеют меньшую прочность.

Карбинольный клей может быть жидким или пастообразным (с наполнителем). Клей пригоден для соединения стали, чугуна, алюминия, фарфора, эбонита и пластмасс и обеспечивает прочность склеивания в течение 3-5 ч после приготовления.

Бакелитовый лак – раствор смол в этиловом спирте. Применяют для наклейки накладок на диски муфт сцепления.

Технологический процесс склеивания независимо от склеиваемых материалов и марок клеев состоит из следующих этапов: подготовка поверхностей к склеиванию – взаимная подготовка, очистка от пыли и жира и придание необходимой шероховатости; нанесения клея кистью, шпателем, пульверизатором; затвердевание клея и контроль качества клеевых соединений.

Дефекты. Причины непрочности клеевых соединений:

- плохая очистка склеиваемых поверхностей;
- неравномерное нанесения слоя на склеиваемые поверхности;
- затвердевание нанесённого на поверхности клея до их соединения;
- недостаточное давление на соединяемые части склеиваемых деталей;
- неправильный температурный режим и недостаточное время сушки клеевого соединения.

Применяется при ремонте металлических и неметаллических деталей для их склеивания и крепления, заделки трещин, раковин, пробоин, восстановления неподвижных посадок и резьбовых соединений.

Технологический процесс склеивания состоит из следующих этапов:

1. Подготовка поверхностей к склеиванию. Она включает в себя механическую обработку (при необходимости), очистку от грязи и оксидов, тщательное обезжиривание (авиационным бензином, ацетоном, спиртом). Шероховатость поверхности должна соответствовать  $R_z=20$  мкм. 2. Приготовление и нанесение клея (кистью или шпателем) на поверхность. Слой клея должен быть равномерным толщиной около 0,1 мм при условии отсутствия в нем пузырьков воздуха. При заделке пустот и зазоре между склеиваемыми деталями свыше 0,15 мм слои клея чередуют с прокладками из стеклоткани или приготавливают пасты внесением в клей наполнителей — металлических порошков, цемента марки 500, стекловолокна, графита и др. Участки поверхности, не подлежащие склеиванию, изолируют слоем резинового клея, воска, мыла и др.

3. Совмещение склеиваемых поверхностей, исключающее самопроизвольное их смещение. До отверждения клея поверхности должны выдерживаться под давлением 0,3—1 МПа с помощью струбцин, пневмо- и гидропрессов. Процесс склеивания может выполняться как с подогревом с помощью различных нагревателей, так и без подогрева.

4. Испытание на прочность или герметичность.

5. Окончательная механическая обработка при необходимости с применением охлаждающей жидкости или без нее в зависимости от теплостойкости клеевого соединения.

При работе с клеями, содержащими токсичные вещества, необходимо соблюдать соответствующие меры безопасности.

### Типы клеев и их основные характеристики.

Тип клея	Особенности технологического процесса	Основные свойства и область применения
Эпоксидный (на базе эпоксидных смол ЭД-6, ЭД-16, ЭД-20 и др.)	Срок отвердевания 24 ч при температуре 20—30 °С для клея холодного отвердевания и соответственно 2—3 ч при 120—160 °С (металлы) или 70—120 °С (неметаллы) для клея горячего отвердевания	Стойкость к агрессивным средам, маслу, бензину, теплостойкость при температуре от 70 до 180 °С (для различных составов), предел прочности на сдвиг 15—30 МПа. Применяется для склеивания однородных и разнородных материалов, крепления накладных направляющих, компенсаторов износа, втулок и других деталей, заделки раковин, трещин, задиrow, восстановления резьбы и др.
Типа БФ	Первый слой клея сушат в течение 0,5—1 ч на воздухе, а затем наносят второй слой, подсушивают его, соединяют детали и сушат под давлением в течение 1—1,5 ч при температуре 150—160 °С	Стойкость к агрессивным средам, теплостойкость до температуры не выше 120 °С, предел прочности на сдвиг 40—60 МПа. Клеи БФ-2 и БФ-4 применяют для склеивания металлов, а также металлов с пластмассами, стеклом, керамикой. Клей БФ-2 применяют для сборки неподвижных соединений при наличии зазора не более 0,1—0,15 мм. Клей БФ-6 более эластичен и применяется для приклеивания текстильных материалов, ремней к металлам

Продолжение таблицы

Карбинольный	При склеивании соединения выдерживают под давлением при комнатной температуре не менее 48 ч. При внесении в клей наполнителя (цемент марки 400, 500) получается карбинольный клей-цемент	Стойкость к маслам, бензину, воде, теплостойкость до температуры не выше 60 °С, предел прочности на сдвиг (для соединения сталь—сталь) 22 МПа. Применяется для склеивания в различных сочетаниях стали, чугуна, алюминия, стекла, текстолита и др., а в виде клея-цемента — для заделки раковин и трещин
ВС-10Т	Первый слой клея просушивают в течение 15 минут при температуре 20 °С или 5 минут при 60—65 °С. После нанесения второго слоя и его просушки детали соединяют и сушат под давлением в течение 1 часа при температуре 180 °С	Диапазон рабочих температур от —60 до + 100 °С. Применяется для склеивания неметаллов, пластмасс, текстолита и других материалов в любом сочетании, а главным образом — для наклеивания фрикционных накладок к муфтам и тормозам

**Вопросы для повторения:**

1. Какие клеящие вещества вы знаете?
2. Как происходит технологический процесс склеивания?
3. Меры безопасности при работе с клеями?

**1.4 Типовые соединения электрической цепи**

План занятий:

1. Электрическая цепь и её основные элементы.
2. Последовательное и параллельное соединение резисторов и конденсаторов.

Электрической цепью называют совокупность устройств, предназначенных для взаимного преобразования, передачи и распределения электрической и других видов энергии и информации (в виде электрических сигналов), если процессы в устройствах можно описать при помощи понятий о токе, напряжении и электродвижущей силе (ЭДС).

К основным элементам электрической цепи относятся источники электрической энергии (источники питания), приемники электрической энергии или потребители, устройства для передачи энергии от источников к приемникам.

Источниками электрической энергии служат устройства, в которых происходит преобразование различных видов энергии в электромагнитную, или, как говорят сокращенно, в электрическую (на производстве и в быту говорят еще короче – электроэнергия). В качестве источников энергии применяются преимущественно электрические генераторы, в которых механическая энергия преобразуется в электрическую, первичные (гальванические) элементы и аккумуляторы, в которых химическая энергия преобразуется в электрическую, термоэлементы, фотоэлементы и солнечные батареи, преобразующие соответственно тепловую и световую энергию в электрическую, магнетогидродинамические генераторы, в которых тепловая энергия превращается в энергию движения плазмы, а затем в электрическую, атомные реакторы, в которых ядерная энергия преобразуется в тепловую.

Приемники электрической энергии преобразуют электрическую энергию в другие виды энергии, например, электродвигатели — в механическую, электрические печи и нагревательные приборы — в световую и тепловую; электролитические ванны — в химическую.

Устройствами для передачи электрической энергии от источников к приемникам являются линии передачи, электрические сети и просто провода. Проводом называется металлическая проволока, изолированная или неизолированная (голая). Провода выполняются из меди, алюминия или стали.

Токопровод электрической цепи, т. е. путь, по которому проходит электрический ток, на всем протяжении должен иметь изоляцию, устраняющую возможность прохождения тока по каким-либо побочным путям. Изоляция, кроме того, ограждает

людей от прикосновения к участкам токопровода, находящимся под потенциалом, отличным от потенциала земли.

Как указывалось, провода, а также и все другие элементы цепи оказывают сопротивление электрическому току или, как обычно говорят, обладают сопротивлением.

Кроме рассмотренных основных элементов электрические цепи содержат и другие необходимые для их эксплуатации элементы; к ним относятся коммутационная аппаратура, предназначенная для включения и отключения (рубильники, выключатели, переключатели), аппаратура защиты (реле, плавкие предохранители) и, наконец, измерительные приборы (амперметры, вольтметры и т.д.).

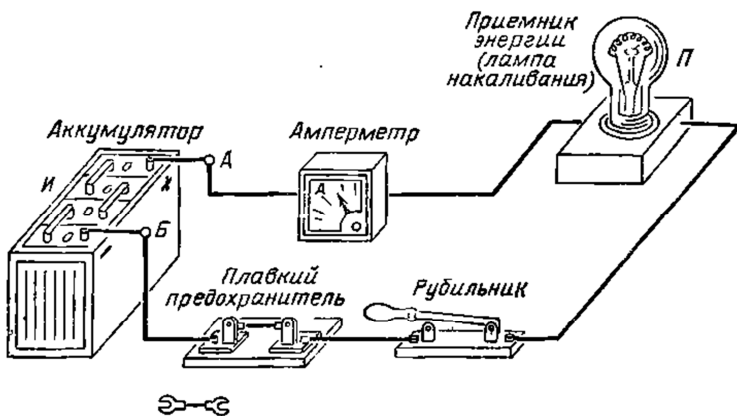


Рис. 4. Простейшая электрическая цепь

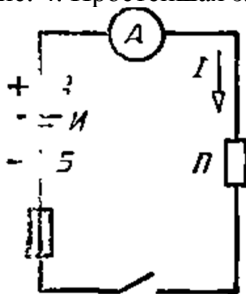


Рис. 5. Схема простейшей электрической цепи.

Графическое изображение электрической цепи, показывающее последовательность соединения отдельных элементов и отображающее свойства элементов электрической цепи, которые надо учесть, называется схемой электрической цепи.

Рассмотренные элементы электрической цепи на схемах обозначают условными знаками, приведенными в табл. 1.1.

Таблица 1.1 Условные графические обозначения, применяемые на электрических схемах.

Наименование	Условный знак
Электрический генератор постоянного тока	
Химический источник энергии	
Электрический двигатель постоянного тока	
Осветительная электрическая лампа	
Произвольный приемник электрической энергии и резистор	
Регулируемый резистор, реостат	
Провод, кабель, шина электрической цепи	
Провода пересекающиеся несоединенные	
Провода пересекающиеся соединенные	
Выключатели однопольный и двухполюсный	
Предохранитель плавкий	
Амперметр	
Вольтметр	

На рис. 4 показана одна из простейших электрических Цепей с источником энергии И (аккумулятором на рисунке), потребителем П (лампа накаливания), соединительными проводами, предохранителем, рубильником и амперметром. На рис. 5 изображена схема этой цепи.

Последовательное или параллельное соединение элементов часто используют тогда, когда нет одного элемента с нужным номиналом или когда нужно из нескольких маломощных резисторов «сделать» один мощный (из нескольких низковольтных конденсаторов — один высоковольтный).

При параллельном соединении резисторов (рис. 6, п) их суммарное сопротивление уменьшается и равно:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}, \quad R = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2},$$

где  $R$  — суммарное сопротивление;  $R_1, R_2$  — сопротивление резисторов  $R_1$  и  $R_2$ .

Все сопротивления должны быть выражены в одних и тех же единицах (например, все — в килоомах или все — в омах).

Если в этой схеме сопротивление одного резистора (например,  $R_1$ ) в несколько раз меньше сопротивления другого, то рассеиваемая на нем мощность во столько же раз больше, чем на другом. То есть если  $R_1 = 2\text{к}$ , а  $R_2 = 5\text{к}$ , то  $P_{R_1} = R_2/R_1 \times P_{R_2} = 2,5 P_{R_2}$ , то есть в 2,5 раза больше, чем у  $R_2$ . Если суммарная мощность обоих резисторов должна равняться 1 Вт, то мощность резистора  $R_2$  должна быть больше:

$$P_{R_2} \geq \frac{P}{P_{R_1} + P_{R_2}} = \frac{1[\text{Вт}]}{2,5 + 1} = 0,29 \text{ Вт}.$$

Мощность резистора  $R_1$  должна быть в 2,5 раза больше, т. е. 0,71 Вт. Параллельно включать можно и большее число резисторов — в таком случае для расчета их суммарного сопротивления рассеиваемой на каждом резисторе мощности в соответствующие формулы нужно еще несколько множителей.



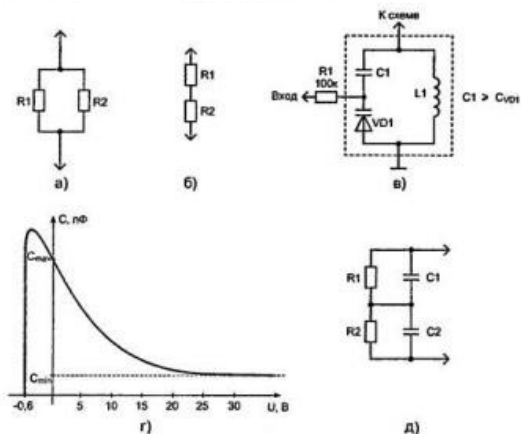


Рис. 6. Последовательное и параллельное соединение элементов: а — параллельное; б — последовательное; в — колебательный контур с электронной регулировкой частоты; г — зависимость емкости варикапа от обратного напряжения; д — последовательное соединение конденсаторов.

В частном случае, когда сопротивления всех резисторов одинаковы, их суммарное сопротивление  $R = R1/n$ , а рассеиваемая на каждом резисторе мощность  $P_{R1} = P/\eta$ , здесь  $R1(P_{R1})$  — сопротивление и рассеиваемая мощность одного из резисторов,  $\eta$  — число резисторов.

Иногда нужно подобрать высокоомный резистор так, чтобы при подключении его параллельно другому резистору известного сопротивления в итоге получился «один» резистор с меньшим и нужным нам сопротивлением.

Сопротивление высокоомного резистора можно определить по формулам:

$$R2 = \frac{1}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R1}}, \quad R2 = \frac{R1}{\frac{R1}{R} - 1}$$

где  $R$  — «нужное» сопротивление;  $R1$  — имеющийся у нас резистор известного сопротивления ( $R1 > R$ );  $R2$  — резистор,

который нужно подключить параллельно  $R_1$ . чтобы получилось сопротивление  $R$ .

При последовательном соединении резисторов (рис. 6, б) их суммарное сопротивление увеличивается и становится равным  $R = R_1 + R_2$ . Мощность, рассеиваемая на резисторах, зависит от их сопротивления и определяется по той же формуле, что и при параллельном соединении, но при последовательном соединении большая мощность выделяется на том резисторе, чье сопротивление больше, то есть если  $R_1 = 2$  кОм, а  $R_2 = 5$  кОм, то  $P_{R_1} = 0,29$  Вт, а  $P_{R_2} = 0,71$  Вт (при протекающем в цепи токе 12 мА).

При параллельном соединении конденсаторов их суммарная емкость увеличивается ( $C = C_1 + C_2$ ), внутреннее сопротивление уменьшается, а номинальное напряжение не изменяется. То есть параллельное соединение конденсаторов соответствует последовательному соединению резисторов, что, учитывая их внутреннее строение, вполне закономерно.

При последовательном соединении конденсаторов их суммарная емкость уменьшается (как и при параллельном соединении резисторов — высчитывается по тем же формулам), а рабочее (максимально допустимое для конденсатора  $C$ , а не  $C_1$  или  $C_2$ ) напряжение увеличивается. Обычно последовательно соединяют конденсаторы одинаковой емкости с одинаковым максимально допустимым напряжением, тогда напряжение на цепи из двух конденсаторов может быть в 2 раза больше написанного на их корпусах, на цепи из трех — в три раза и т. д.

Соединять последовательно электролитические конденсаторы, с целью увеличения рабочего напряжения, нельзя — ток утечки подобных конденсаторов довольно значителен и, что самое противное, даже у конденсаторов из одной партии (коробки) он может отличаться в десятки раз. Скомпенсировать это с помощью внешних резисторов очень сложно.

Ток утечки «электролитов» сильно зависит от напряжения на его обкладках — поэтому, кстати, такие конденсаторы могут работать при напряжениях, в несколько раз больших указанных на корпусе. У низковольтных «электролитов» практически никогда не бывает «электрического пробоя диэлектрика» — у них

просто при увеличении напряжения возрастает ток утечки и при некотором напряжении ток утечки становится столь большим, что под воздействием выделяющейся при этом мощности ( $P = U \cdot I$ ) конденсатор разогревается, электролит закипает, превращаясь в пар, под давлением которого герметичный корпус конденсатора может попросту взорваться. Этим, кстати, и объясняются вмятины в виде буквы «У» или «Х» на «шапке» конденсатора — если такой конденсатор и взорвется, то сила взрыва будет не очень велика (вмятины очень глубокие, и корпус конденсатора в этих местах довольно «слабый»), а пар с электролитом «улетят» вверх. Отечественные конденсаторы в толстых корпусах без всяких вмятин взрываются с оглушительным грохотом, у них обычно «вылетает» дно и горячий электролит заливает все детали на плате, из-за чего их без тщательного мытья с мылом повторно использовать невозможно.

На корпусе электролитического конденсатора указывается такое напряжение, при котором ток утечки превышает некоторое значение. У разных изготовителей критерии в этом плане разные, и у 10-вольтовых конденсаторов одной фирмы, при напряжении 16 В, ток утечки может быть даже меньше, чем у 16-вольтовых конденсаторов другой фирмы. К сожалению, единых стандартов в этом пока нет, но можно надеяться, что в скором времени они появятся. Упомянутые выше 10-вольтовые конденсаторы можно смело использовать при напряжениях до 16 В и даже выше, нужно только убедиться, что у них ток утечки при таком напряжении не очень велик.

### **Вопросы для повторения:**

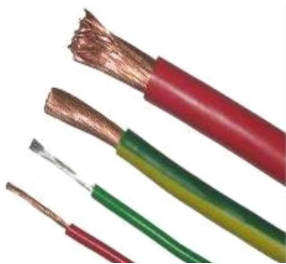
1. Что называется электрической цепью?
2. Что называется потребителями электрической энергии?
3. Какие источники питания вы знаете?
4. Назовите основные типы электрических схем?

## 1.5 Изделие и прокладка кабелей и проводов

План занятий:

1. Изделия для крепления кабелей, проводов и труб.
2. Изделие для электропроводок в трубах.
3. Электроизоляционные материалы.
4. Монтажные и установочные провода: область применения, марки, стандартные сечения.
5. Типы изоляторов сетей 380/220 В.
6. Типы проводов.

Одножильные и многожильные провода. Область применения. Преимущества и недостатки.



*Рис. 8. Одножильные провода.*

У многих людей, в настоящее время, очень часто возникает вопрос о том, для чего нужны провода многожильные и одножильные и для каких целей применяется тот или иной вид? На этот вопрос постараюсь дать понятный ясный ответ. Для этого просто рассмотрим в отдельности следующие пункты: строение (структура) многожильного и одножильного провода, область применения и основные

преимущества каждого типа проводников.

### **Строение проводов.**

Одножильный провод – это провод, у которого сечение образовано одним проводником (токопроводом, жилой). Многожильный провод - это провод, сечение которого образовано несколькими, иногда, переплетенными между собой, жилами. Также, для придания проводу большей гибкости и эластичности, с жилами может сплетаться нить (по прочности и составу напоминает капроновую нить).

### **Область применения проводов**

Одножильные провода чаще всего применяются в стационарной проводке, например: в жилых помещениях домов и

квартир, для подвода электричества к розеткам, к лампам освещения и так далее.

В промышленности толстые одножильные проводники также могут использоваться и для отвода выработанной электрогенераторами электроэнергии в электросеть.

Многожильные проводники используются в основном там, где от них требуется повышенная гибкость, эластичность, виброустойчивость, например: в наушниках, в тройниках-удлинителях, в проводке автомобиля, в бытовых приборах и так далее.

### **Преимущества и недостатки одножильных и многожильных проводов**

Преимущества одножильных проводов:

Возможно, они несколько удобны в проведении проводки в квартире. Иногда не требуют специальных клемм для их соединения, достаточно скрутить их концы щипцами и замотать изоляционной лентой, и, соединение готово.

Обладают наибольшей жесткостью по сравнению с многожильными проводами (в некоторых устройствах иногда требуется жесткость).

В основном, только одножильные провода могут использоваться в цепях, которые работают на высоких частотах.

Преимущества многожильных проводов:

Как говорилось выше, они гибки, эластичны, этим и объясняется их широкое использование в различной аппаратуре и технике.

При использовании специальных клемм, их соединение становится более надежным и обладает меньшим сопротивлением по току, по сравнению с одножильным проводником. Недостатки одножильного провода: Не терпит многократных перегибов, сильных вибраций – это, пожалуй, одни из весомых недостатков. Недостатки многожильных проводов: В высокочастотных цепях их применение ограничено.

Типы проводов.

Для электрических сетей применяют неизолированные алюминиевые, сталеалюминевые, медные и стальные провода, а для внутренних проводок — изолированные алюминиевые и медные провода.

Мель — хороший проводниковый материал [удельная проводимость  $\gamma$  —  $53 \text{ м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$ ], устойчивый против коррозии, но дорогой и дефицитный. Поэтому для линий неизолированные медные провода применяют весьма редко.

Алюминий как проводниковый материал хуже меди [ $\gamma = 32 \dots 34 \text{ м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$ ]. На открытом воздухе хорошо противостоит коррозии. Алюминиевые провода всегда выполняют многопроволочными, так как однопроволочные не обеспечивают достаточной механической прочности.

В настоящее время заводами кабельной промышленности освоен массовый выпуск неизолированного провода марки АН35, изготавливаемого из алюминиевого сплава АВ-Е. Он рекомендуется к применению вместо провода А35 при проектировании линий 6...10 кВ в I...IV районах по ветру и I и II районах по гололеду.

Сталь (железо) обладает удельной проводимостью, в 7,5 раза меньшей, чем медь, и в 4,5 раза меньшей, чем алюминий:  $\gamma = 7 \text{ м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$ . Сталь находит применение в сетях с малой плотностью нагрузки. Для защиты от быстрого разрушения стальные провода изготавливают оцинкованными (гальваническое покрытие тонким слоем цинка).

**В сталеалюминевых проводах** сердечник набран из оцинкованных стальных проволок, увеличивающих общую механическую прочность, вокруг которых навиты алюминиевые провода.

**В биметаллических проводах** стальная проволока покрыта слоем алюминия или меди (прокатыванием).

**Обозначения проводов** расшифровываются следующим образом: М — медные, А — алюминиевые, ПС — стальные многопроволочные, ПСО — стальные, однопроволочные, АС — сталеалюминевые, АКП — провод марки А, в котором межпроволочное пространство, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной термостойкости; АСКС — провод марки АС, в котором межпроволочное пространство стального сердечника заполнено термостойкой смазкой. Эти провода предназначены для установки в районах с агрессивной атмосферой (побережье морей и соленых озер, солончаковых песков и т. п.).

Цифры после букв М, А, НС, АС — это площадь поперечного сечения провода ( $\text{мм}^2$ ). В одно проволочных стальных проводах цифра указывает диаметр провода (мм).

**Изолированные провода** изготавливают из мягкой меди и алюминия. В качестве изоляции используют покрытие из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной вулканизированной резиной, поливинилхлоридного пластика и других пластических материалов.

**Шнур** представляет собой провод, состоящий из двух или более изолированных гибких жил, заключенных в общую оболочку (оплетку или шланг).

**Кабель** — это одна или несколько скрученных изолированных жил, заключенных в защитную герметическую металлическую (алюминиевую или свинцовую), резиновую или поливинилхлоридную оболочку.

Кабели подразделяют на силовые и контрольные. Силовые кабели, используемые в силовых установках различных напряжений, изготавливают с изоляцией из пропитанной бумаги (в обозначении марки кабеля не указывается) или с резиновой изоляцией (буква Р) с медными или алюминиевыми (А) жилами. Силовые кабели различают по числу и сечению жил, конструкции, типам защитных покровов и номинальному напряжению. Кабели в свинцовой оболочке в обозначении имеют букву С, в алюминиевой—А, в поливинилхлоридной — В, в негорючей маслостойкой найритовой — Н. Оболочка может быть голая (Г) или бронированная (Б) стальными лентами или проволоками.

Одножильные силовые кабели изготавливают с сечением жилы от 2,5 до 800, двухжильные — от 2,5 до 150, трехжильные — от 2,5 до 250, четырехжильные — от 4 до 185  $\text{мм}^2$ .

Контрольные кабели (в обозначении первая или вторая буква К) предназначены для работы в электрических сетях напряжением до 500 В переменного или 1000 В постоянного тока.

Их различают по числу (до нескольких десятков) и площади сечения (не более 10  $\text{мм}^2$ ) токопроводящих жил, конструкции и типам защитных покровов (как и силовые кабели).

Кабель марки ВМВІІ многожильный с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика плоский предна-

значен для монтажа электрооборудования на подвижных механизмах и металл- и деревообрабатывающих станках.

В таблице 15-3 приведены общие технические данные проводов и некоторых кабелей и рекомендации по их применению.

**Таблица. 15.3. Изолированные провода для внутренних проводов**

Марка провода	Характеристика провода	Число жил	Площадь сечения провода, мм <sup>2</sup>	Для сетей напряжением (В) до
<i>Провода с резиновой изоляцией</i>				
АПРТО+ (ПРТО)	Провод с алюминиевой (медной) жилой, с резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	1 2; 3 7 10; 14	2,5(0,75)...1 20 2,5(1;0)'..12 0 2,5(1,5),..10 2,5(1,5...2,5)	660
АПРН (ПРИ)	Провод с алюминиевой (медной) жилой, с резиновой изоляцией в негорючей резиновой оболочке	1	2,5(1,5)...120	660
ПРГН	То же, с медной гибкой жилой	1	1,5...120	<b>660</b>
АПРИ+ (ПРИ)+	Провод с алюминиевой (медной) жилой, с резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	1	2,5(0,75)... 120	660
ПРГИ+	То же, с медной гибкой жилой	1	0,75... 120	660
АППР+	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	2; 4	2,5...10,0	660



Продолжение таблицы

АПРФ (ПРФ)	Провод с алюминиевой (медной) жилой, с резиновой изоляцией, в фальцованной оболочке из сплава марки АМЦ	1; 2; 3	2,5(1,0...4)	660
ПРФл	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в фальцованной оболочке из латуни	1; 2; 3	1...4	660
ПВБЛ	Провод с медной жилой, выводной, с изоляцией из резины на основе бутилкаучука в оплетке из лавсановой нити	1	0,75...120	660
ПВКВ	Провод с медной жилой, выводной, с изоляцией и оболочкой из кремнийорганической резины	1	0,75... 120	380; 660
РКГМ	Провод с медной жилой, выводной, с изоляцией из кремний - органической резины в оплетке из стекловолокна, пропитанной эмалью или термостойким лаком	1	0,75... 120	660

Продолжение

Марка провода	Характеристика провода	Число жил	Площадь сечения провода, мм <sup>2</sup>	Для сетей напряжением (В) до
ПРД+	Провод с медной жилой, гибкий, с резиновой изоляцией в непропитанной оплетке	2	0,75...6	380
ПРВД	Провод с медной жилой, гибкий, с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке	2	0,75...6	380
ПРКА	Провод с медной жилой, термостойкий, в изоляционно - защитной оболочке из кремнийорганической резины повышенной твердости	1	0,5...2,5	380; 660
<i>Провода с пластмассовой изоляцией</i>				
АПВ+	Провод с алюминиевой жилой, с поливинилхлоридной изоляцией	1	2,5...120	380; 660
ПВП+	Провод с медной жилой, с поливинилхлоридной изоляцией	1	0,5...95	380; 660
ПВП+	Провод с медной жилой, гибкий, с поливинилхлоридной изоляцией	1	2,5...95	380; 660
ЛППВ+ (ППВ)+	Провод с алюминиевой (медной) жилой, с поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием.	2; 3	2,5...6 (0,75...4)	380
ЛППВС+ (ППВС)+	Провод с алюминиевой (медной) жилой, с поливинилхлоридной изоляцией, плоский, без разделительного основания		2,5...6 (0,75...4)	380

Продолжение таблицы

<i>Провода разные</i>				
ЛРТ	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, с несущим тросом	2	2,5...4	660
ЛВТ	Провод с алюминиевой жилой, с изоляцией из лоливинил - хлоридного пластика, с несущим тросом	2 3 4	2,5...4 2,5...4 2,5...16	380
ЛВТУ	Провод с алюминиевой жилой, с изоляцией из поливинил-хлоридного пластика, с усиленным несущим тросом	2 3 4	2,5...4 2,5...4 2,5...16	380
ЛВТВ	Провод с алюминиевой жилой, с изоляцией из поливинил-хлоридного пластика, с несущим тросом для внутренней прокладки	2 3 4	2,5...4 2,5...4 2,5...16	380
ЛИТВУ	То же, с усиленным тросом	2 3 4	2,5...4 2,5...4 2,5...16	
ПСУ155	Провод с медной жилой, с изоляцией из эскапоновой стеклолакоткани и дельта-асбеста на основе кремнийорганического лака или оплетки из стеклянных нитей, покрытых лаком с рабочей температурой до 155°C	1	1...95	380
ПСУ180	Провод с медной жилой, с изоляцией из Стеклолакоткани на основе кремнийорганических лаков и дельта-асбеста С рабочей температурой до 180°C	1	1...95	380

<sup>+</sup> Незащищенные провода, имеющие только одну электрическую изоляцию.

## Силовые кабели

Силовые кабели предназначены для передачи по ним на расстояние электроэнергии, используемой для питания электрических установок и изготавливаются согласно требованиям ГОСТ 18410-73 (с пропитанной бумажной изоляцией) и ГОСТ 16442-80 (с пластмассовой изоляцией).



Рис. 9. Силовые кабели.

Настоящие стандарты распространяется на силовые кабели с алюминиевыми или медными жилами, с пластмассовой изоляцией, в пластмассовой или алюминиевой оболочке, с защитными покровами или без них, предназначенные для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение 0,66; 1; 3 и 6 кВ частоты 50 Гц.

### Основные типы силовых кабелей:

- силовые кабели с пластмассовой изоляцией (АВВГ, ВВГ, NYM, АВБШВ);
- силовые кабели с резиновой изоляцией и оболочкой (КГ);
- силовые кабели с маслопропитанной бумажной изоляцией (АСБ, ААБ, ААШВ).

### Основные эксплуатационные и электрические характеристики силовых кабелей:

- номинальное напряжение;
- сечение и число жил;
- допустимые климатические условия эксплуатации;
- область применения;

### Конструкция силовых кабелей

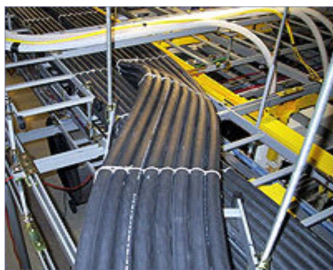


Рис. 10. Конструкция силовых кабелей.

Токопроводящие медные и алюминиевые жилы силовых кабелей для стационарной прокладки на номинальное переменное напряжение до 10 кВ включительно могут быть одно- и многопроволочными, круглыми или секторными. Кабели с секторными жилами имеют диаметр на 20-25 % меньший, чем кабели с

круглыми жилами того же сечения и соответственно меньший расход материалов на другие конструктивные элементы кабеля. Секторная жила трехжильных кабелей имеет угол 120 град., а рабочие жилы четырехжильных кабелей угол 94,5-100 град., нулевая жила - 48-60 град. Края секторов выполняют закругленными по радиусу не менее 1 мм.

Основными элементами всех типов кабелей являются токопроводящие жилы, изоляция, экраны, оболочка и наружные покровы. В зависимости от назначения и условий эксплуатации кабелей и проводов экран и наружные покровы могут отсутствовать.

### **Токопроводящие жилы**

Токопроводящие жилы должны быть изолированы поливинилхлоридным пластикатом, полиэтиленом или вулканизированным полиэтиленом.

Изолированные жилы многожильных кабелей должны иметь отличительную расцветку. Изоляция нулевых жил должна быть голубого (светло-синего) цвета.

Изоляция жил заземления должна быть двухцветной (зелено-желтой расцветки), при этом один из цветов должен покрывать не менее 30 и не более 70% поверхности изоляции, а другой - остальную часть.

Цветовая маркировка должна быть сплошной или в виде продольной полосы шириной не менее 1 мм.

Допускается маркировка изолированных поливинилхлоридным пластикатом жил цифрами, начиная с нуля. Маркировку цифрами производят тиснением или печатанием. Высота цифр - не менее 4,0 мм. Расстояние между цифрами не должно быть более 35 мм.

Изоляция одножильных кабелей может быть любого цвета. Допускается изготовление кабелей на напряжение св.1 кВ с изоляцией из вулканизированного полиэтилена без маркировки.

**Изоляция** служит для обеспечения необходимой электрической прочности токопроводящих жил кабеля по отношению друг к другу и к заземленной оболочке.

**Экраны** используются для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей токов, протекающих по кабе-

лю, и для обеспечения симметрии электрического поля вокруг жил кабеля.

**Оболочки** защищают внутренние элементы кабеля от увлажнения и других внешних воздействий.

**Защитные покровы** предназначены для защиты оболочки кабеля от различных внешних воздействий. В зависимости от конструкции кабеля в защитные покровы могут входить подушка, бронепокров и наружный покров. По конструкции кабеля могут иметь заполнители, предназначенные для устранения свободных промежутков между конструктивными элементами кабеля в целях герметизации, придания необходимой формы и механической устойчивости конструкции кабеля.

#### **Многопроволочные жилы изготавливаются:**

-сечением 25-70 кв.мм – пучок из 6-ти параллельных проволок и один повив из 12-ти проволок одинакового диаметра;

-сечением 70-120 кв.мм – скрученная заготовка из 7 проволок, 2 параллельные проволоки и повив из 15 проволок одинакового диаметра;

-сечением 150-240 кв.мм – секторная заготовка из 7-ми проволок, 2 параллельные проволоки и два повива из 15 и 21 проволок одинакового диаметра.

Основной ряд площади сечения токопроводящих жил в мм кв.:

Медных: 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0; 25,0; 35,0; 50,0; 70,0; 95,0; 120,0; 150,0; 185,0; 240,0

Алюминиевых: 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0; 25,0; 35,0; 50,0; 70,0; 95,0; 120,0.

#### **Вопросы для повторения:**

1. Назовите основные типы материалов из которых изготавливаются провода и кабели?
2. Преимущества и недостатки алюминиевых и медных проводов?
3. Назовите основные марки проводов?
4. Назовите основные марки кабелей?

## 1.6.1 Электромонтажные работы

План занятий:

1. Типы проводов.
2. Выбор площади поперечного сечения проводов по условиям нагрева.
3. Расчет проводов на потерю напряжения.
4. Основные формулы для выбора площади поперечного сечения проводов.

Провода электрические: силовые кабели и их разновидности.

Силовой кабель - это толстый многожильный провод, способный выдерживать огромные нагрузки от потребителей всего дома. Как правило, его используют для подключения строений к городской энергетической системе – внутри помещений он используется редко, поэтому о нем мы поговорим кратко. Существует достаточно много типов электрических силовых кабелей – в основном это ВВГ во всех его различных модификациях.

1. ВВГ – это универсальные силовые кабели, которые могут применяться при широком диапазоне температур и влажности, достигающей 98%. Это довольно прочный на разрыв и стойкий к агрессивным условиям эксплуатации кабель с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией.

2. АВВГ – обладает теми же характеристиками, что и ВВГ, но, в отличие от него, имеет алюминиевые токопроводящие жилы.

3. ВВГп – маленькая буква «п» в маркировке этого электрического кабеля означает то, что он имеет плоские жилы.

4. ВВГз – букровка «з» указывает на то, что в этом кабеле пространство между отдельно изолированными жилами заполнено жгутами из ПВХ или резиновым наполнителем.

5. NYM – предназначен для прокладки осветительных и силовых сетей. Максимальное сечение такого кабеля может достигать 16 квадратов. Его преимущества заключаются в высокой влагозащищенности и термоустойчивости. В качестве недостатка можно выделить неустойчивость к воздействию сол-

нечного света – эти виды электрических проводов и кабелей необходимо прятать.

6. КГ – кабель гибкий. Имеет витые медные жилы и используется для передачи переменного электрического тока напряжением до 660В с частотой 400Гц. В большинстве случаев применяется для подключения к сети электропитания мощных потребителей (сварка, тепловые пушки и т.д.)

7. ВББШв – предназначен для подключения стационарных установок, в том числе и небольших, отдельно стоящих домов. Обладает отличными характеристиками и выдерживает высокие температуры и влажность до 98%.

8. АВББШв – то же самое, что и предыдущий кабель, только имеет алюминиевые токопроводящие жилы.

9. ВББШвнг – две последние буквы «нг» говорят о том, что это негорючий кабель.

10. ВББШвнг-LS – последняя приставка указывает на то, что этот кабель не выделяет токсичных веществ при нагревании.



*Рис. 11. Разновидность силовых кабелей.*

Типы электрических кабелей и проводов.

В большинстве случаев все силовые кабели изготавливаются в двойной изоляции и имеют наружную защиту от механических повреждений в виде изоляции ТПЖ. Также она делается



для того, чтобы предотвратить проникновение воздуха к силовым жилам, воспрепятствовав тем самым их горению.

Электрические провода для квартиры: виды и характеристики.

Электрические провода для внутренней проводки несколько отличаются от силовых кабелей – прежде всего, эти различия касаются их технических характеристик и сечения самого провода. Разновидностей подобных электрических проводов, так же, как и кабельной продукции, достаточно много и поэтому вопрос ее выбора стоит достаточно остро. Рассмотрим немного подробнее предлагаемый современной промышленностью ассортимент этой продукции.

1. ПБПП (ПУНП) – монтажный провод с плоскими одинарными жилами, помещенными в ПВХ изоляцию и такую же наружную оболочку. Может иметь от одной до трех жил с максимальным сечением в 6 квадратов. В большинстве случаев используется для осветительной электрической проводки – не исключается и подключение с его помощью розеток, но при условии, что в них будут включаться маломощные потребители. Могут иметь как медные, так и алюминиевые жилы – в последнем случае они маркируются как АПБПП.

2. ПБППг (ПУГНП). Их основное отличие от ПБПП заключается в самих жилах – они витые и состоят из тоненьких проволочек. Буква «г» в конце маркировки указывает на то, что данный провод гибкий.

3. ППВ. Медный одножильный провод – рекомендуется для скрытой электрической проводки или для монтажа в гофре или кабель-канале. Имеет одинарную изоляцию.

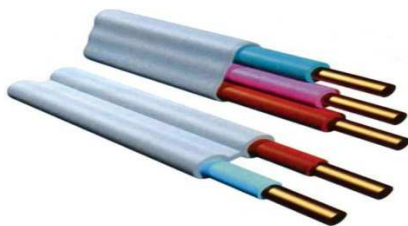
4. АППВ – то же самое, что и ППВ, только с алюминиевой токопроводящей жилой.

5. АПВ – одна из разновидностей ППВ. Отличается от него алюминиевой витой жилой, состоящей из туго смотанных между собой проволочек. Производится сечением до 16 квадратов.

6. ПВС. Это одна из наиболее распространенных марок электрических проводов и кабелей – оболочка и его изоляция изготавливаются из ПВХ. Его отличительная особенность – это круглое сечение и витые жилы. Сечение таких электрических проводов может варьироваться от 0,75 до 16 квадратов. Как правило,

используется для подключения бытовых потребителей электричества – монтаж проводки этим проводом не осуществляют.

7. ШВВП – медный или медно-луженый плоский электрический провод, предназначенный для бытовых нужд. Так же, как и ПВС, он используется для подключения бытовых потребителей. Это витой электрический провод, жилы которого состоят из тонких проволочек – может иметь сечение от 0,5 до 16 квадратов.



*Рис. 12. Типы электрических проводов.*

Провод электрический медный.

Если выделять среди всего этого списка наиболее используемые провода, то, несомненно, это будут ШВВП и ПВС – несмотря на то, что их не рекомендуют применять для прокладки домашней электрической проводки, в большинстве случаев для этой задачи их и используют. В этом отношении прельщает их двойная изоляция, повредить которую довольно сложно.

Информационные электрические кабели и провода

С этими проводами знакомы практически все люди – это телефонные, телевизионные и интернет кабели. По-другому их называют слаботочные провода. О них мы поговорим коротко и упомянем только те виды, которые пригодны для домашнего пользования.

1. Телевизионные кабели. На сегодняшний день используется три их разновидности: RG-6, RG-59, RG-58. Одни из них имеют сплошной защитный экран из фольги, у других этот экран может быть плетеным, но а третьи вообще могут иметь внутреннюю жилу, состоящую из нескольких, изолированных друг от друга проводников. Разнообразие этих кабелей огром-

ное, и отличаются они в основном своими характеристиками. К примеру, RG-59 – последнее число говорит о том, что внутренняя жила кабеля имеет сопротивление 59 Ом.

2. Компьютерные кабели – их так же, как и телевизионных, можно насчитать огромное множество. В большинстве случаев они имеют витую пару, помещенную в отдельную изоляцию – таких пар проводников в одном кабеле может содержаться много. Производятся в нескольких вариациях – UTP (незащищенная экраном витая пара), FTP (защищенная алюминиевым экраном из фольги пара), STP (все пары защищены одним медным плетеным алюминиевым экраном).

3. Телефонные провода. В быту для подключения отдельных абонентов применяется всего два вида подобной кабельно-проводниковой продукции – ТРВ и ТРП. Это практически одинаковые провода, отличающиеся друг от друга материалом изоляции – у ТРВ она изготавливается из ПВХ, а у ТРП из полиэтилена. Также в качестве телефонных кабелей может использоваться провод для интернет соединения марки RG.



*Рис. 13. Типы электрических кабелей.*

Виды электрических проводов.

По большому счету, список проводов, используемых для передачи электрического тока, можно увеличить как минимум вдвое – с момента начала электрификации их придумали столько много, что в голове обычного человека их количество, а главное назначение, может даже не поместиться. Именно по этой причине мы рассказали исключительно про наиболее часто используемые в быту электрические провода.

**Выбор сечений проводников по нагреву**

1.3.2. Проводники любого назначения должны удовлетворять требованиям в отношении предельно допустимого нагрева с учетом не только нормальных, но и послеаварийных режимов, а также режимов в период ремонта и возможных неравномерностей распределения токов между линиями, секциями шин и т. п. При проверке на нагрев принимается получасовой максимум тока, наибольший из средних получасовых токов данного элемента сети.

1.3.3. При повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы электроприемников (с общей длительностью цикла до 10 мин и длительностью рабочего периода не более 4 мин) в качестве расчетного тока для проверки сечения проводников по нагреву следует принимать ток, приведенный к длительному режиму. При этом:

1) для медных проводников сечением до 6 мм<sup>2</sup>, а для алюминиевых проводников до 10 мм<sup>2</sup> ток принимается как для установок с длительным режимом работы;

2) для медных проводников сечением более 6 мм<sup>2</sup>, а для алюминиевых проводников более 10 мм<sup>2</sup> ток определяется умножением допустимого длительного тока на коэффициент  $0,875 / \sqrt{T_{нк}}$ , где  $T_{нк}$  - выраженная в относительных единицах длительность рабочего периода (продолжительность включения по отношению к продолжительности цикла).

1.3.4. Для кратковременного режима работы с длительностью включения не более 4 мин и перерывами между включениями, достаточными для охлаждения проводников до температуры окружающей среды, наибольшие допустимые токи следует определять по нормам повторно - кратковременного режима (см. 1.3.3). При длительности включения более 4 мин, а также при перерывах недостаточной длительности между включениями наибольшие допустимые токи следует определять как для установок с длительным режимом работы.

1.3.5. Для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, несущих нагрузки меньше номинальных, может допускаться кратковременная перегрузка, указанная в табл. 1.3.1.

1.3.6. На период ликвидации послеаварийного режима для кабелей с полиэтиленовой изоляцией допускается 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 сут., если нагрузка в остальные периоды времени этих суток не превышает номинальной.

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

Таблица 1.3.1. 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	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,0	1,0
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

Таблица 1.3.2. 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 максимума, ч		
		1	3	6
0,6	В земле	1,5	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

Для кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть понижены на 10%.

Перегрузка кабельных линий напряжением 20-35 кВ не допускается.

1.3.7. Требования к нормальным нагрузкам и послеаварийным перегрузкам относятся к кабелям и установленным на них соединительным и концевым муфтам и концевым заделкам.

1.3.8. Нулевые рабочие проводники в четырехпроводной системе трехфазного тока должны иметь проводимость не менее 50% проводимости фазных проводников; в необходимых случаях она должна быть увеличена до 100% проводимости фазных проводников.

1.3.9. При определении допустимых длительных токов для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин, а также для жестких и гибких токопроводов, проложенных в среде, температура которой существенно отличается от приведенной в 1.3.12-1.3.15 и 1.3.22, следует применять коэффициенты, приведенные в табл. 1.3.3.

Таблица 1.3.3. Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С											
		-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	-
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	-

### **Допустимые длительные токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией**

1.3.10. Допустимые длительные токи для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией, шнуров с резиновой изоляцией и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках приведены в табл. 1.3.4-1.3.11. Они приняты для температур: жил +65, окружающего воздуха +25 и земли + 15°C.

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. 1.3.4 и 1.3.5, следует применять 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, должны приниматься: для проводов - по табл. 1.3.4 и 1.3.5 как для проводов, проложенных в трубах, для кабелей - по табл. 1.3.6-1.3.8 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 должны приниматься по табл. 1.3.4 и 1.3.5 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.

Для проводов вторичных цепей снижающие коэффициенты не вводятся.



Таблица 1.3.4. Допустимый длительный ток для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четыре одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
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

Продолжение таблицы

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

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух-жильных	трех-жильных	четырёх-жильных	одного двухжильного	одного трехжильного
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

Продолжение таблицы

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	255	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	465	-	-	-	-	-
300	535	-	-	-	-	-
400	645	-	-	-	-	-

Таблица 1.3.6. 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 оболочке, бронированных и небронированных

Сечение токо- проводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для проводов и кабелей				
	одножиль- ных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воз- духе	в зем- ле	в воз- духе	в зем- ле
* Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.					
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38

Продолжение таблицы

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	-	-	-	-

Таблица 1.3.7. Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токо- проводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей				
	одножиль- ных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воз- духе	в зем- ле	в воз- духе	в зем- ле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38

Продолжение таблицы

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 могут выбираться по табл. 1.3.7, как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Таблица 1.3.8. 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 <sup>2</sup>	Ток *, А, для шнуров, проводов и кабелей		
	одножильных	двухжильных	трехжильных
* Токи относятся к шнурам, проводам и кабелям с нулевой жилой и без нее.			
0,5	-	12	-
0,75	-	16	14

1,0	-	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

Таблица 1.3.9. Допустимый длительный ток для переносных шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей для торфопредприятий

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ		
	0,5	3	6
* Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.			
6	44	45	47
10	60	60	65
16	80	80	85
25	100	105	105
35	125	125	130
50	155	155	160
70	190	195	-

Таблица 1.3.10. Допустимый длительный ток для шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей для передвижных электроприемников

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ		Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ	
	3	6		3	6
* Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.					
16	85	90	70	215	220
25	115	120	95	260	265
35	140	145	120	305	310
50	175	180	150	345	350

Таблица 1.3.11. Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией для электрифицированного транспорта 1,3 и 4 кВ

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А
1	20	16	115	120	390
1,5	25	25	150	150	445
2,5	40	35	185	185	505
4	50	50	230	240	590
6	65	70	285	300	670
10	90	95	340	350	745

Таблица 1.3.12. Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов, питающих	
	одно- жильных	много- жильных	отдельные электроприемники с коэффициентом использования до 0,7	группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7
Много- слойно и пучками	-	До 4	1,0	-
	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	-
Одно- слойно	2-4	2-4	-	0,67
	5	5	-	0,6

1.3.11. Допустимые длительные токи для проводов, проложенных в лотках, при однорядной прокладке (не в пучках) следует принимать, как для проводов, проложенных в воздухе.

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах, следует принимать по табл. 1.3.4-1.3.7 как для одиночных проводов и кабелей, проложенных открыто (в воздухе), с применением снижающих коэффициентов, указанных в табл. 1.3.12.

При выборе снижающих коэффициентов контрольные и резервные провода и кабели не учитываются.

**Допустимые длительные токи для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией.**



1.3.12. Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 35 кВ с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги в свинцовой, алюминиевой или поливинилхлоридной оболочке приняты в соответствии с допустимыми температурами жил кабелей.

Номинальное напряжение, кВ	До 3	6	10	20 и 35
Допустимая температура жилы кабеля, °С	+80	+65	+60	+50

1.3.13. Для кабелей, проложенных в земле, допустимые длительные токи приведены в табл. 1.3.13, 1.3.16, 1.3.19-1.3.22. Они приняты из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7-1,0 м не более одного кабеля при температуре земли +15°С и удельном сопротивлении земли 120 см·К/Вт.

Таблица 1.3.13. Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслोकанифольной и нестекающей массы изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одно-жильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 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

Продолжение таблицы

70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	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	1700	-	-	-	-	-

Таблица 1.3.14. Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
	до 3	6	10	
16	-	135	120	-
25	210	170	150	195
35	250	205	180	230
50	305	255	220	285
70	375	310	275	350
95	440	375	340	410

Продолжение таблицы

120	505	430	395	470
150	565	500	450	-
185	615	545	510	-
240	715	625	585	-

Таблица 1.3.15. Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1кВ	двухжильных до 1кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 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	125	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	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы

400	880	-	-	-	-	-
500	1020	-	-	-	-	-
625	1180	-	-	-	-	-
800	1400	-	-	-	-	-

Таблица 1.3.16. Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1кВ	двухжильных до 1кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	-	60	55	-	-	-
10	110	80	75	60	-	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
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	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы

400	940	-	-	-	-	-
500	1080	-	-	-	-	-
625	1170	-	-	-	-	-
800	1310	-	-	-	-	-

Таблица 1.3.17. Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
	до 3	6	10	
16	-	105	90	-
25	160	130	115	150
35	190	160	140	175
50	235	195	170	220
70	290	240	210	270
95	340	290	260	315
120	390	330	305	360
150	435	385	345	-
185	475	420	390	-
240	550	480	450	-

Таблица 1.3.18 Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе.

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одно-жильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных 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 1.3.19. Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с медными жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей проложенных		Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	90	65	70	220	170
25	120	90	95	265	210
35	145	110	120	310	245
50	180	140	150	355	290

Таблица 1.3.20. Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с алюминиевыми жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей проложенных		Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	70	50	70	170	130
25	90	70	95	205	160
35	110	85	120	240	190
50	140	110	150	275	225

Таблица 1.3.21. Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно освинцованными медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для 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 1.3.22. Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно свинцованными алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для 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 1.3.23. Поправочный коэффициент на допустимый длительный ток для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли

Характеристика земли	Удельное сопротивление см·К/Вт	Поправочный коэффициент
Песок влажностью более 9% песчано-глинистая почва влажностью более 1%	80	1,05
Нормальные почва и песок влажностью 7-9%, песчано-глинистая почва влажностью 12-14%	120	1,00
Песок влажностью более 4 и менее 7%, песчано-глинистая почва влажностью 8-12%	200	0,87
Песок влажностью до 4%, каменистая почва	300	0,75

При удельном сопротивлении земли, отличающемся от 120 см·К/Вт, необходимо к токовым нагрузкам, указанным в упомянутых ранее таблицах, применять поправочные коэффициенты, указанные в табл. 1.3.23.

1.3.14. Для кабелей, проложенных в воде, допустимые длительные токи приведены в табл. 1.3.14, 1.3.17, 1.3.21, 1.3.22. Они приняты из расчета температуры воды +15°C.

1.3.15. Для кабелей, проложенных в воздухе, внутри и вне зданий, при любом количестве кабелей и температуре воздуха +25°C допустимые длительные токи приведены в табл. 1.3.15, 1.3.18-1.3.22, 1.3.24, 1.3.25.

1.3.16. Допустимые длительные токи для одиночных кабелей, прокладываемых в трубах в земле, должны приниматься

как для тех же кабелей, прокладываемых в воздухе, при температуре, равной температуре земли.

Таблица 1.3.24. Допустимый 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 <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35-125 мм, в знаменателе - для кабелей, расположенных вплотную треугольником.			
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/-	-	-

1.3.17. При смешанной прокладке кабелей допустимые длительные токи должны приниматься для участка трассы с наихудшими условиями охлаждения, если длина его более 10 м. Рекомендуется применять в указанных случаях кабельные вставки большего сечения.

1.3.18. При прокладке нескольких кабелей в земле (включая прокладку в трубах) допустимые длительные токи должны быть уменьшены путем введения коэффициентов, приведенных в табл. 1.3.26. При этом не должны учитываться резервные кабели.

Прокладка нескольких кабелей в земле с расстояниями между ними менее 100 мм в свету не рекомендуется.

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

1.3.20. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в блоках, следует определять по эмпирической формуле

$$I = abcI_0,$$

где  $I_0$  - допустимый длительный ток для трехжильного кабеля напряжением 10 кВ с медными или алюминиевыми жилами, определяемый по табл. 1.3.27;  $a$  - коэффициент, выбираемый по табл. 1.3.28 в зависимости от сечения и расположения кабеля в блоке;  $b$  - коэффициент, выбираемый в зависимости от напряжения кабеля:

Номинальное напряжение кабеля, кВ	До 3	6	10
Коэффициент $b$	1,09	1,05	1,0

$c$  - коэффициент, выбираемый в зависимости от среднесуточной загрузки всего блока:

Среднесуточная загрузка $S_{ср.сут.} / S_{ном}$	1	0,85	0,7
Коэффициент $c$	1	1,07	1,16

Таблица 1.3.25. Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с алюминиевой жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массаами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35-125 мм, в знаменателе - для кабелей, расположенных вплотную треугольником.			
10	65/-	-	-
16	90/-	-	-
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/-	270/330	260/330
400	375/-	285/350	-
500	390/-	-	-
625	405/-	-	-
800	425/-	-	-

Таблица 1.3.26. Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)

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

Таблица 1.3.27. Поправочный коэффициент  $a$  на сечение кабеля

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Коэффициент для номера канала в блоке			
	1	2	3	4
25	0,44	0,46	0,47	0,51
35	0,54	0,57	0,57	0,60
50	0,67	0,69	0,69	0,71
70	0,81	0,84	0,84	0,85
95	1,00	1,00	1,00	1,00
120	1,14	1,13	1,13	1,12
150	1,33	1,30	1,29	1,26
185	1,50	1,46	1,45	1,38
240	1,78	1,70	1,68	1,55

Резервные кабели допускается прокладывать в незанумерованных каналах блока, если они работают, когда рабочие кабели отключены.

1.3.21. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в двух параллельных блоках одинаковой конфигурации, должны уменьшаться путем умножения на коэффициенты, выбираемые в зависимости от расстояния между блоками:

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

**Допустимые длительные токи для неизолированных проводов.**

1.3.22. Допустимые длительные токи для неизолированных приведены в табл. Они приняты из расчета допустимой температуры их нагрева +70°C при температуре воздуха +25°C.

Для полых алюминиевых проводов марок ПА500 и ПА600 допустимый длительный ток следует принимать:

Марка провода	ПА500	ПА6000
Ток, А	1340	1680

Таблица 1.3.28. Допустимый длительный ток для неизолированных проводов по ГОСТ 839-80

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Сечение (алюминий/сталь), мм <sub>2</sub>	Ток, А, для проводов марок					
		АС, АСКС, АСК, АСКП		М	А и АК П	М	А и АК П
		вне помещений	внутри помещений	вне помещений		внутри помещений	
10	10/1,8	84	53	95	-	60	-
16	16/2,7	111	79	133	105	102	75

Продолжение таблицы

25	25/4,2	142	109	183	136	137	106
35	35/6,2	175	135	223	170	173	130
50	50/8	210	165	275	215	219	165
70	70/11	265	210	337	265	268	210
95	95/16	330	260	422	320	341	255
120	120/19	390	313	485	375	395	300
	120/27	375	-				
150	150/19	450	365	570	440	465	355
	150/24	450	365				
	150/34	450	-				
185	185/24	520	430	650	500	540	410
	185/29	510	425				
	185/43	515	-				
240	240/32	605	505	760	590	685	490
	240/39	610	505				
	240/56	610	-				
300	300/39	710	600	880	680	740	570
	300/48	690	585				
	300/66	680	-				
330	330/27	730	-	-	-	-	-
400	400/22	830	713	1050	815	895	690
	400/51	825	705				
	400/64	860	-				
500	500/27	960	830	-	980	-	820
	500/64	945	815				
600	600/72	1050	920	-	1100	-	955
700	700/86	1180	1040	-	-	-	-



Таблица 1.3.29. Допустимый длительный ток для неизолированных бронзовых и сталебронзовых проводов

Провод	Марка провода	Ток *, А
* Токи даны для бронзы с удельным сопротивлением $\rho_{20} = 0,03$ Ом·мм <sup>2</sup> /м.		
Бронзовый	Б-50	215
	Б-70	265
	Б-95	330
	Б-120	380
	Б-150	430
	Б-185	500
	Б-240	600
	Б-300	700
Сталебронзовый	БС-185	515
	БС-240	640
	БС-300	750
	БС-400	890
	БС-500	980

Таблица 1.3.30. Допустимый длительный ток для неизолированных стальных проводов

Марка провода	Ток, А	Марка провода	Ток, А
ПСО-3	23	ПС-25	60
ПСО-3,5	26	ПС-35	75
ПСО-4	30	ПС-50	90
ПСО-5	35	ПС-70	125
-		ПС-95	135

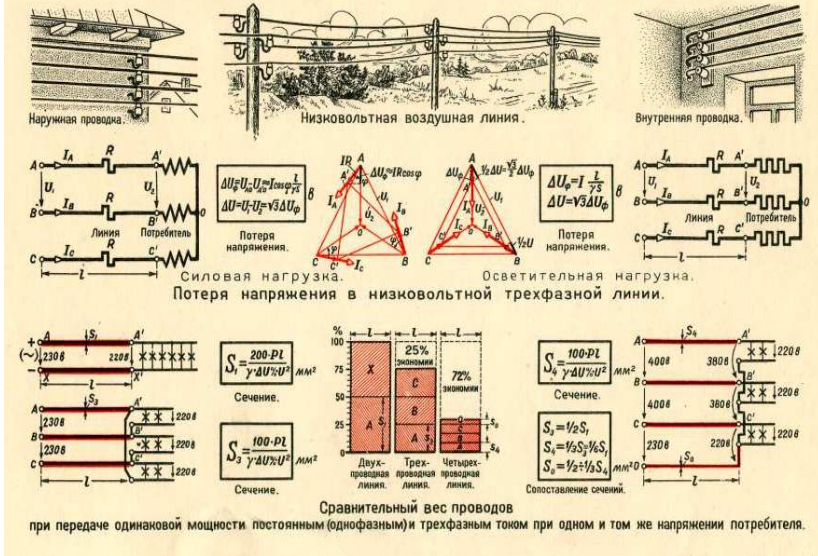
Таблица 1.3.31. Допустимый длительный ток для четырехполосных шин с расположением полос по сторонам квадрата ("полый пакет")

Размеры, мм				Поперечное сечение четырехполосной шины, мм <sup>2</sup>	Ток, А, на пакет шин	
<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h<sub>l</sub></i>	<i>H</i>		медных	алюминиевых
80	8	140	157	2560	5750	4550
80	10	144	160	3200	6400	5100
100	8	160	185	3200	7000	5550
100	10	164	188	4000	7700	6200
120	10	184	216	4800	9050	7300

Таблица 1.3.32. Допустимый длительный ток для шин коробчатого сечения

Размеры, мм				Поперечное сечение одной шины, мм <sup>2</sup>	Ток, А, на две шины	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>r</i>		медные	алюминиевые
75	35	4	6	520	2730	-
75	35	5,5	6	695	3250	2670
100	45	4,5	8	775	3620	2820
100	45	6	8	1010	4300	3500
125	55	6,5	10	1370	5500	4640
150	65	7	10	1785	7000	5650
175	80	8	12	2440	8550	6430
200	90	10	14	3435	9900	7550
200	90	12	16	4040	10500	8830
225	105	12,5	16	4880	12500	10300
250	115	12,5	16	5450	-	10800

## ПОТЕРЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОВОДАХ

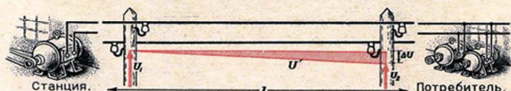


**Рис. 14. Потеря напряжения в проводах**

При расчете проводов обычно известны: напряжение  $U_r$  источника электроэнергии (генератора), расстояние  $L$  от этого источника до места употребления энергии, сила тока  $I$  либо мощность  $P_n$  нагрузки и напряжение  $U_n$  (номинальное напряжение), которое нужно для обычной работы приемников электроэнергии (к примеру, ламп накаливания, электродвигателей и т. д.). Задачей расчета является выбор такого сечения проводов, при котором обеспечивается, обычное рабочее напряжение (номинальное напряжение) на зажимах приемников электроэнергии.

Весьма желательно сколько-нибудь существенное отклонение этого напряжения  $U_n$  от номинального значения, в особенности в осветительных установках.

### ПОТЕРЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОВОДАХ



потеря напряжения в двухпроводной линии постоянного тока.

$$\Delta U = U - U_n = IR = I \frac{2l}{\gamma S}$$

$$\Delta U \% = \frac{U - U_n}{U} 100 = \frac{200 I l}{\gamma S U^2} \%$$

Потеря напряжения.

Двухпроводная линия.

$$\Delta P = I^2 R = I^2 \frac{2l}{\gamma S}$$

$$\Delta P \% = \frac{I^2 R}{UI} 100 = \Delta U \%$$

Потеря мощности.

$$S = \frac{2 I l}{\gamma \Delta U} \text{ мм}^2$$

Сечение проводов.

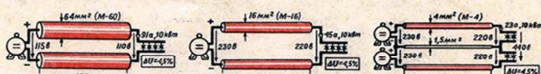
$$S_{\text{ст}} : S_{\text{ал}} : S_{\text{ж}} = \frac{1}{\gamma_{\text{ст}}} : \frac{1}{\gamma_{\text{ал}}} : \frac{1}{\gamma_{\text{ж}}} = 1 : 1,7 : 8$$

Отношение сечений медных, алюминиевых и стальных проводов при одинаковой потере напряжения.

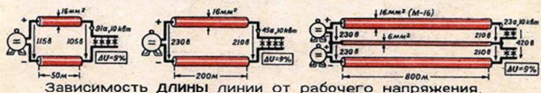
$$S = \frac{200 P \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U \% \cdot U^2} \text{ мм}^2$$

Сечение проводов.

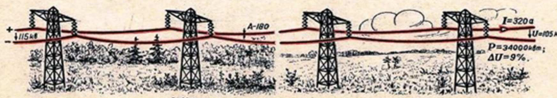
• ПОЛУЧЕННОЕ СЕЧЕНИЕ ПРОВЕРЯЕТСЯ ПО ТАБЛИЦАМ НА НАГРЕВ •



Зависимость сечения проводов от рабочего напряжения



Зависимость ДЛИНЫ ЛИНИИ от рабочего напряжения



Передача энергии постоянным током высокого напряжения.

З.И.Рисовский.

Рис. 15. Потеря напряжения в проводах

При снижении напряжения  $U_n$  на 5% сетевой поток лампы накаливания миниатюризируется до 20%, а при повышении напряжения на 5% продолжительность горения лампы миниатюризируется на 50%. Согласно закону Ома в цепи  $U_r = I r_{np} + I r_n$ , где  $r_n$  – сопротивление нагрузки, а  $I r_n = U_n$ . Сопротивление проводов полосы  $r_{np} = \rho(2l : s)$ , где  $2l$  – общая длина полосы,  $\rho$  –

удельное сопротивление материала проводов,  $s$ -искомое сечение проводов.

Обозначим разность  $U_r - U_n = ?U$  — это утрата напряжения в полосы. Сделав надлежащие преобразования в формуле, получим разыскиваемое сечение:  $S = I(2l_p : ?U)$

### Вопросы для повторения:

1. Назовите допустимые температуры нагрева для различных типов проводов и кабелей?
2. Что такое колебание на напряжение сети?
3. Что является отклонением напряжения в сети?
4. От чего возникает потеря напряжения?

## 1.6.2 Электромонтажные работы

План занятий:

1. Проверка сети на колебания напряжения при пуске электродвигателей.
2. Внутренние проводки.
3. Разметка проводов.
4. Выбор марки проводов и способа прокладки внутренних проводок.
5. Соединение и окольцевание проводов.

Нормами (СН 357—77) определены следующие допускаемые отклонения напряжения (в % от УН) на зажимах электродвигателей:

- а) при длительной работе в установившемся режиме  $\pm 5\%$ ;
- б) у электродвигателей, присоединенных к электрическим сетям общего назначения  $-5\% + 10\%$ ;
- в) при длительной работе в установившемся режиме для отдельных особо удаленных электродвигателей в номинальных условиях допускается снижение напряжения на В...  $10\%$ , в аварийных —  $10...12\%$ ;
- г) при кратковременной работе в установившемся режиме (например, во время пуска среднего, большего электродвигателя) —  $20...30\%$ ;
- д) на

зажимах пускаемого электродвигателя при частых пусках—10%, при редких—15%.

В тех случаях, когда начальный момент рабочей машины не превышает 1/3 номинального момента электродвигателя, допускается отклонение напряжения от номинального на 40%. Это, как правило, приводы с ременной передачей, приводы насосов и вентиляторов.

Потеря напряжения в сети при пуске электродвигателя от трансформатора или генератора приближенно составляет

$$\Delta U \% \approx \frac{Z_c}{Z_c + Z_{эд}} 100, \quad (15.12)$$

$$Z_{эд} = \frac{U_n}{\sqrt{3} k I_n}$$

где  $Z_c$  — полное сопротивление сети, Ом;  $Z_{эд}$  — полное сопротивление короткого замыканий асинхронного электродвигателя, Ом;  $U$  — номинальное напряжение электродвигателя, В;  $k$  — кратность пускового тока электродвигателя;  $I_n$  — номинальный ток электродвигателя, А.

При пуске электродвигателя от сети с трансформатором

$$Z_c \approx Z_n + Z_{тр}, \quad (15.13)$$

### **Общие сведения о внутренних проводках. Разметка проводов**

Монтаж проводок делают по проекту, который представляет собой совокупность схем, нанесенных на план здания с указанием расположения ввода, магистральных линий, групповых щитков, типов проводов и способов прокладок, типов выключателей, арматуры и т. д. Схемы проводок выполняют обычно однолинейными с использованием стандартных условных обозначений.

Магистральные вводы в помещение подключают к групповым щиткам. Все потребители (светильники, бытовые приборы и др.) разбивают на группы таким образом, чтобы общий ток

всех токоприемников в группе составлял 6..Л5 А. На групповых щитках устанавливают предохранители каждой из групп. На них также размещают выключатели, рубильники и измерительные приборы. В каждой группе должно быть не более 20 светильников, в том числе и штепсельных розеток.

Внутренние проводки выполняют открытыми и скрытыми.

Открытую электропроводку прокладывают по поверхности стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т.д. Провода и кабели прокладывают при этом непосредственно по поверхности стен, потолков на струнах, полосах, тросах, роликах, изоляторах, в трубах, коробах, гибких металлических рукавах, на лотках^ в электротехнических плинтусах и наличниках, свободной подвеской и т. п. Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной. Скрытую проводку прокладывают внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях), а также по перекрытиям этажей в подготовке пола, непосредственно под полом и т.п. Провода и кабели прокладывают при этом в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах.

Наружной называется проводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т. п., а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной по 25 м) вне улиц, дорог и т. п. Наружная электропроводка может (быть открытой и скрытой).

Вводом от воздушной линии называется часть электропроводки, соединяющая ответвление от линии, считая от изоляторов на стене или крыше здания до внутренней проводки.

Тросом называется стальная проволока или стальной канат, натянутые в воздухе и предназначенные для подвески к ним проводов, кабелей или их пучков.

Струна — стальная проволока, натянутая вдоль стены вплотную к ней или вдоль потолка, бруса, фермы и предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

Короб выполняют из сплошных или перфорированных стенок, он служит для защиты проводов от механических повреждений.

Лоток, в который укладываются провода и кабели, открыт сверху и не защищает проводки от механических повреждений. Изготавливают из несгораемых материалов.

Выполнение проводки включает в себя следующие основные операции: разметку мест установки токоприемников, штепсельных розеток и выключателей, мест прокладки проводов по стенам и потолку, мест проходов проводов через стены и междуэтажные перекрытия, мест ответвлений проводов и установки осветительных коробок; установку роликов или изоляторов; прокладку проводов со всеми соединениями; крепление проводов к изолирующим опорам или закрепление их скобами; оконцевание проводов и присоединение их к токоприемникам.

Места прокладки проводов обычно начинают размечать от группового щитка или от отдельных помещений с выводами в коридор. При этом пользуются простейшими приспособлениями: уровнем, отвесом, измерительной рулеткой, специальной рулеткой, выполненной из 2...3-миллиметрового капронового шнура, который покрывают красителем (синькой, охрой, мелом), а также разметочным шестом, циркулем с деревянными ножками длиной 1,5...2 м и др.

### **Оконцевание и соединение проводов и кабелей**

От качественного соединения жил проводов и кабелей во многом зависит надежность работы электроустановки. Наиболее сложно соединение алюминиевых жил проводов и кабелей. Дело в том, что алюминий, являясь хорошим проводником, обладает рядом неблагоприятных свойств, с которыми необходимо считаться при выполнении контактных соединений. К ним относятся: быстрое образование на воздухе пленки окиси, температура плавления которой составляет около 200 °С (температура плавления самого алюминия примерно 650°С); ползучесть под давлением; отрицательный потенциал по отношению к меди и стали; высокая теплоемкость.

Пленка окиси алюминия имеет большое электрическое сопротивление и, следовательно, ухудшает электрический контакт. Ползучесть под давлением приводит к тому, что алюминий частично вытекает из-под соединения, ослабляя электрический контакт. Отрицательный потенциал по отношению к меди, стали, цинку приводит к созданию гальванической пары при со-



единении алюминия с этими металлами, в которой алюминий постепенно разрушается. При некачественном соединении жил проводов может возникнуть перегрев изоляции или пережог самих жил при сварке и паянии.

Но несмотря на перечисленные неблагоприятные свойства алюминия, в настоящее время применяют простые и достаточно надежные способы соединения алюминиевых жил.

Опрессовка с применением гильз ГАО относится к лучшим способам, которые следует применять для соединения и ответвления алюминиевых однопроволочных проводов сечением 2,5—10 мм<sup>2</sup>.

Если суммарное сечение жил меньше внутреннего диаметра гильзы, то в гильзу вводят дополнительную жилу. С концов проводов снимают изоляцию, зачищают оголенные участки жил под слоем технического вазелина или кварцевазелиновой пасты, протирают зачищенные жилы и смазывают чистой кварцевазелиновой пастой. Далее зачищают внутреннюю поверхность гильзы до металлического блеска ершиком, смазанным техническим вазелином, протирают гильзу снаружи и внутри тканью, смоченной бензином. После протирки внутреннюю поверхность гильзы немедленно смазывают кварцевазелиновой пастой. Эти операции производятся в том случае, если кварцевазелиновая паста не была нанесена в заводских условиях. Затем устанавливают в гильзу подготовленные жилы и проверяют ее заполнение. Пустоты заполняют отрезками смазанных кварцевазелиновой пастой жил. Опрессовывают одностороннюю гильзу одним вдавливанием, а двухстороннюю — двумя с помощью пресс-клещей ПК.-3, ПК-2м или ПК-1м.

Соединение алюминиевых жил суммарным сечением до 10 мм<sup>2</sup> в клещах с двумя угольными электродами — способ рекомендуемый. Для выполнения соединения пассатижами скручивают подготовленные концы жил, не допуская перекручивания жил, находящихся в изоляции. Смазывают концы жил тонким слоем разведенного флюса ВАМИ, направляют вниз подготовленные концы жил. Замыкают и раскаляют концы угольных электродов. Далее отключают клещи, прижимают раскаленные электроды к концам жил и удерживают их в этом положении до образования шарика на жилах. Остатки флюса и шлака удаляют

щеткой из кардоленты, а место соединения промывают бензином и покрывают влагостойким лаком.

Соединение алюминиевых жил суммарным сечением 2,5—10 мм<sup>2</sup> двойной скруткой с желобком выполняется в том случае, если отсутствуют условия для применения опрессовки или сварки. Для выполнения пайки подготавливают концы жил — определяют на концах проводов участки для снятия изоляции, снимают изоляцию и зачищают жилы до металлического блеска щеткой из кардоленты. Жилы скручивают так, как показано на рис. 18, а. После скрутки жилы должны быть ровными и прижатыми друг к другу. Пламенем горелки или бензиновой паяльной лампы (рис. 18,б) нагревают скрутку жил до начала плавления припоя. Вводят палочку припоя марки А или марки ЦО-12 в пламя и натирают ею желоб до полного облуживания и заполнения припоем. Далее желоб поворачивают на 180° и выполняют операции по его заполнению припоем.

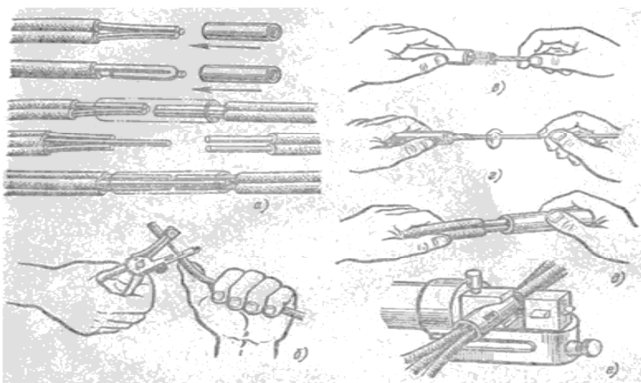


Рис. 16. Опрессовка однопроволочных алюминиевых жил в гильзах ГАО: а — выбор гильзы; б — снятие изоляции с концов жил; в, г — зачистка и смазка внутренней поверхности гильзы; д — установка жил в гильзу; е — опрессовка.

Пайку жил можно выполнить и паяльником. Место соединения покрывают влагостойким лаком и изолируют (рис. 18, в). На выполнение одного соединения однопроволочных жил сече-

нием 2,5—4 мм<sup>2</sup> расходуется примерно 1 г припоя, 5,5 г бензина. Продолжительность пайки 25 с.

Соединение и ответвление медных жил сечением до 10 мм<sup>2</sup> пропаянной скруткой относятся к лучшим способам. Для соединения жил с концов проводов снимают изоляцию, зачищают жилы до металлического блеска и скручивают пассатижами с плотным прилеганием витков друг к другу. Скрутку покрывают раствором канифоли или паяльного жира и пропаявают с помощью паяльника, паяльной лампы или газовой горелки. Для пайки применяют мягкие оловянно-свинцовые припои марки ГЮС-40 или ПОС-61.

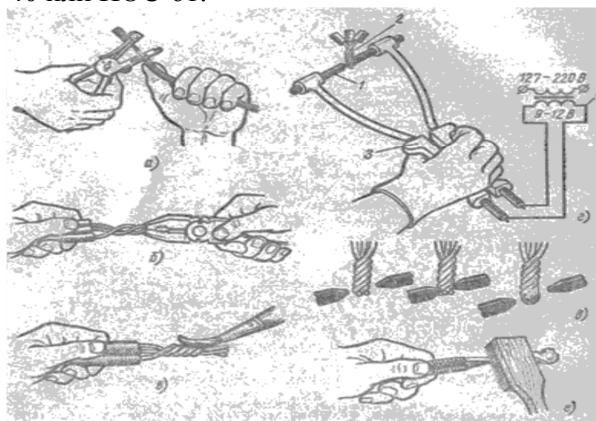


Рис. 17. Соединение алюминиевых жил в клещах с двумя угольными электродами: а — снятие изоляции; б — зачистка и скрутка жил; в — покрытие флюсом; г и д — сварка скрутки; е — обработка мест сварки; 1 — угольный электрод; 2 — скрутка алюминиевых жил; 3 — двухэлектродные клещи; 4 — понижающий трансформатор.

Оконцевание медных многопроволочных жил сечением до 2,5 мм<sup>2</sup> в кольцевых наконечниках по ГОСТ 9688—82 является одним из лучших способов, который следует применять. Снимают изоляцию на расстоянии 25—30 мм от конца жилы с помощью специального инструмента — монтерского ножа, ослабляют повив проволоки жилы и зачищают жилы до металличе-

го блеска. Свивают зачищенные проволоки и скручивают конец жилы в кольцо по ходу часовой стрелки.

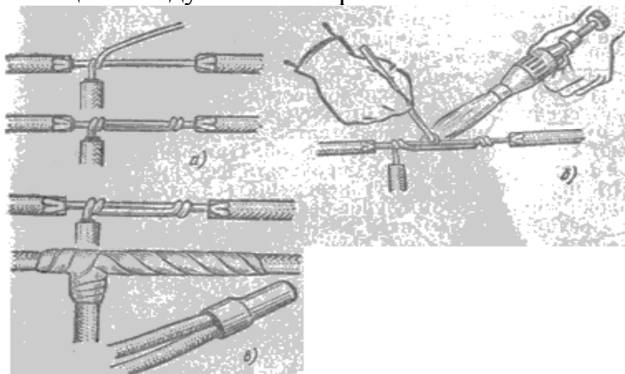


Рис. 18. Соединение одно проволочных алюминиевых жил пайкой двойной скруткой с желобом.

В зависимости от сечения токопроводящей жилы и контактного винта выбирают концевой наконечник, на цилиндрическую часть которого надевают жилу.

Наконечник с жилой надевают на стержень пуансона, установленного в пресс-клещах ПК-2м таким образом, чтобы участок жилы между наконечником и изоляцией был размещен в желобке пуансона. Нажатием на рукоятки пресс-клещей до упора торцов матрицы и пуансона осуществляют опрессовку. Разжимают клещи и снимают готовое соединение.

Изгибание конца многопроволочной жилы в кольцо с полудой — другой рекомендуемый способ оконцевания. Конец жилы оформляют в кольцо аналогично указанному выше, покрывают его раствором канифоли в спирте, погружают в припой ГЮС-40 на Г—2 с или припаивают с помощью паяльника.

Соединение алюмомедных жил рекомендуется выполнять с помощью гильз ГАО по технологии, принятой для соединения алюминиевых жил. Сварка алюмомедных жил известными способами не обеспечивает требуемого качества контактных соединений. Удовлетворительное соединение можно получить осадкой опрессовки без применения гильз с помощью модернизированных пресс-клещей КСП. Технологически соединение выполняют следующим образом: скручивают провода в одном из от-

верстий пресс-клещей, затем осаживают, освобождают соединение и снимают оплой. При выполнении одной осадки механическая прочность соединения может быть недостаточна: могут перемещаться отдельные проволоки жилы. В этом случае осадку повторяют 2—3 раза.

Соединение элементов электрической сети.

Соединяя элементы электрической сети, следует помнить, что: – нулевой зануляющий проводник нигде не должен иметь разрывов, хотя бы даже и кратковременных; – однофазный выключатель должен быть установлен в фазном проводе. Это требование не относится к переносным электроприемникам и светильникам, подсоединяемым к сети штепсельным соединением.

При монтаже после прокладки провода фазные и нулевые провода помечают какими-либо условными знаками (например, зачищают изоляцию на конце жилы или загибают жилы на одноименном проводе).

Одноименные провода определяют при помощи вспомогательного провода, к которому подсоединяют батарейку карманного фонаря с лампочкой. Если лампочка горит — значит, она присоединена к разным концам одного и того же провода.

### **Вопросы для повторения:**

1. По каким параметрам выбирают сечения провода?
2. Способы прокладки внутренних проводов?
3. Какие способы проводов существуют?
4. Как выполняют тросовую проводку?

## **1.6.3 Электромонтажные работы**

План занятий:

1. Элементы монтажа открытых проводов.
2. Элементы монтажа скрытых проводов.
3. Проводки вне помещений и вводы.
4. Заземления в проводах.
5. Виды заземлений.
6. Проводки вне помещений и вводы.

## **Элементы монтажа открытых электропроводок**

Электропроводка по способу выполнения бывает открытой и скрытой. Открытой называют электропроводку, проложенную по поверхности стен, потолков, а также по фермам и другим строительным конструкциям непосредственно по ним или в трубах, коробах, на лотках, подвесках, в гибких пластмассовых шлангах или металлических рукавах и т.п.

В системах безопасности объектов применяют как открытые, так и скрытые способы прокладки проводов и кабелей.

В связи с тем, что системами безопасности чаще всего оснащаются уже действующие объекты, а в проектируемых или реконструируемых объектах системы безопасности, как правило, проектируются по остаточному принципу, т.е. в самую последнюю очередь, когда уже все инженерные сети и системы объекта спроектированы или даже воплощены на объекте, то наибольшее распространение получили открытые способы прокладки электропроводок систем безопасности.

Ниже рассмотрены все известные способы прокладки открытых электропроводок на примере осветительных сетей и хотя некоторые из них не применяются или применяются очень редко при монтаже систем безопасности (в силу их специфичности), тем не менее, знание этих способов необходимы проектировщикам и монтажникам систем безопасности в виду широкого разнообразия защищаемых объектов. При рассмотрении способов прокладки электропроводок осветительных сетей применительно к системам безопасности вместо наименования конкретного оборудования, приборов и устройств систем безопасности (извещатели, телекамеры, считыватели, расширители и т.п.) будет использоваться общий термин — электроприемники.

Открытые электропроводки для систем безопасности выполняются как правило проводами с пластмассовой изоляцией и небронированными кабелями с небольшим сечением (до 4 мм<sup>2</sup>).

### **Электропроводка на изоляторах**

Простейшим способом выполнения открытых проводок является прокладка проводов на изолирующих опорах — роликах, клипах и изоляторах. Эта устаревшая конструктивная форма электропроводок имеет ряд недостатков: трудоемкость вы-

полнения, недолговечность, плохое сочетание с методами индустриального монтажа.

Электропроводки на роликах в настоящее время не применяются (только в сельских районах), а изоляторы используются для линий общего освещения в цехах промышленных предприятий или для открытых магистралей в зданиях цехов, имеющих мостовые краны, обеспечивая удобство ремонта и смены ламп в светильниках, укрепленных на одной высоте с проводкой.

### **Электропроводка на стальных полосах и натянутой стальной проволоке (струне)**

Открытая прокладка проводников непосредственно по строительным основаниям вследствие необходимости выполнения значительного числа промежуточных креплений определяет повышенный объем трудоемких пробивных и других заготовочных работ на объекте. Поэтому прокладку проводников по строительным поверхностям стали часто осуществлять не непосредственно, а на подкладных несущих стальных полосах или натянутой проволоке – струне. Электропроводки такой конструкции называются струнными. Провода, имеющие плоскую форму, рекомендуется прокладывать на несущих полосах. В качестве несущих применяются стальные монтажные перфорированные полосы; стальные ленты (шириной 16 мм, толщиной 08 мм); полосы (шириной 15 – 30 мм, толщиной 0,8 – 1,5 мм), нарезанные из стального листа, оцинкованные или окрашенные, а также лента горячекатаная или холоднокатаная стандартная (шириной 20 -30 мм, толщиной 1,5-3 мм) – оцинкованная либо окрашенная.

Крепление полос и лент производится вплотную к основанию по всей длине трассы, за исключением поворотов. Расстояние между точками крепления полосы к основанию должно составлять 0,8 -1 м, а от концов 0,05 – 0,07 м (рис. 19). К кирпичным и бетонным основаниям полосы крепятся стальными дюбель – гвоздями, забиваемыми строительными монтажными пинолетами или ручными оправками. При наличии в полосе отверстий возможно также крепление ее шурупами с распорными пластмассовыми дюбелями.

К металлическим конструкциям и закладным деталям полосы крепятся электросваркой (прихватываются в отдельных точках). Допускается вместо полос или лент применять стальную горячекатаную оцинкованную или окрашенную проволоку (катанку) диаметром 5 – 8 мм. Крепление концов такой проволоки к основанию выполняется с помощью концевых анкерных пластинок пристрелкой или приваркой к металлическим закладным деталям и конструкциям.

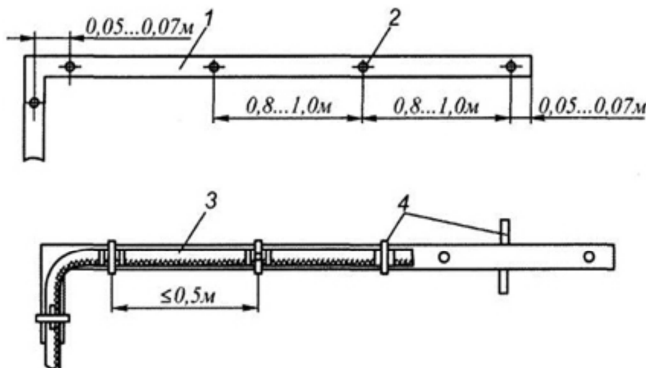


Рис. 19. Крепление кабелей на стальных полосах и лентах:  
1 – полоса; 2 – дюбель – гвоздь; 3 – кабель; 4 – бандажная полоска с пряжкой

Измерив длину отдельных участков проводки подготовленной трассы, производят заготовку проводов и кабелей соответствующей длины с запасом для входа в коробки и электроприемники. Мерные отрезки кабеля прокладывают по трассе, пропускают через проходы и закрепляют бандажными полосками или плоскими полосками-пряжками и вводят в соединительные коробки, устанавливаемые на первой стадии монтажа во время подготовки трассы.

Несущие стальные полосы и проволока подлежат обязательному заземлению или занулению (кроме тех, по которым прокладываются кабели с заземленной или зануленной металлической оболочкой либо броней).



Прокладку проводов и кабелей на струнах производят по бетонным, кирпичным, керамическим и металлическим основаниям в цехах, служебных помещениях, коридорах и подвалах зданий.

В качестве несущей струны применяют стальную оцинкованную проволоку диаметром 2 – 3 мм. Диаметр струны, расстояния между концевыми и промежуточными креплениями и другие конструктивные размеры проводок определяются сечениями прокладываемых проводов и кабелей (табл. 1.).

*Таблица 1. Конструктивные размеры электропроводок*

Сечение провода или кабеля, мм <sup>2</sup>	Диаметр струны, мм	Максимальное расстояние между концевыми креплениями струны, м	Расстояние между промежуточными креплениями струны, м	
			с натяжным устройством	без натяжного устройства
2,5	2	-	-	1
4-6	3	40	3	1,5

**Примечания:**

В пакете на одной струне не должно быть более двух кабелей.

Струны линии должны быть цельными и не иметь скруток и каких-либо других соединений.

В качестве концевых натяжных креплений применяют специальные струнные анкера или натяжные муфты. Крепление струнных проводок к строительным основаниям производится стальными дюбель – гвоздями, забиваемыми с помощью строительно-монтажного пистолета или пластмассовыми распорными дюбелями с шурупами.

Струны диаметром до 3 мм рекомендуется крепить без натяжных устройств, а последовательно натягивая их на промежуточные крепления, т. е. обертывая вокруг выступающей на 5 мм из строительного основания части дюбеля или шурупа. При этом расстояние между концевыми креплениями не ограничивается. При использовании натяжных устройств концевые крепления струн, выполненные в виде анкерных пластинок, прикрепляются к основанию двумя стальными дюбелями или шурупами.

Концевые крепления струн на спусках и ответвлениях следует совмещать с промежуточными креплениями магистральной струны, ответвительными коробками, а также с креплением электроприемников. Ответвительные коробки могут крепиться на струне и строительном основании.

Провода и кабели крепятся к струне металлическими полосками с пряжками или перфорированной монтажной лентой из поливинилхлоридного пластика с кнопками; расстояние между точками крепления 500 мм. На вертикальных участках применять металлические бандажные полоски не рекомендуется.

Струнные электропроводки должны заземляться в двух точках, т.е. на концах линии, Использование струн в качестве заземляющих проводников не допускается.

### **Тросовые электропроводки**

Тросовыми называют открытые электропроводки, выполненные изолированными и защищенными проводами и кабелями, подвешенными к стальному тросу, или специальными проводами, которые имеют между тремя или четырьмя свитыми жилами собственный несущий оцинкованный трос.

Концы несущего троса надежно прикрепляются к строительным элементам зданий и сооружений.

Тросовые электропроводки целесообразно применять в помещениях объектов с большими оконными проемами, имеющих продольные и поперечные фермы, а также в цехах промышленных предприятий, насыщенных всякого рода технологическими коммуникациями, в которых крепление электропроводок непосредственно к стенам, потолкам и другим строительным элементам зданий затруднительно или невозможно.

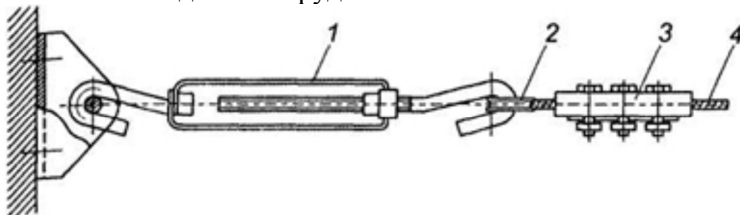


Рис. 20. Тросовый натяжной анкер: 1 - натяжная муфта; 2 - коуш; 3 - тросовый болтовой зажим; 4 - трос.

Поддерживающие устройства представляют собой промежуточные струнные подвески и продольные и поперечные оттяжки, прикрепляемые к нижним поясам ферм, колоннам, перекрытиям. Промежуточные крепления устанавливаются при больших пролетах и массе монтируемой проводки через каждые 18 – 24 м, уменьшая стрелу провеса и придавая линии значительные устойчивость и механическую прочность. Для подвесок и оттяжек применяется оцинкованная проволока диаметром от 2 до 5 мм.

Промежуточные крепления троса могут дополнительно выполняться непосредственно к балкам, фермам, колоннам и перекрытиям с помощью отдельных деталей (шпилек, серег и дюбелей, закрепляемых в щелях между углами ферм или плит перекрытия) или обхватных конструкций.

Для удержания троса на промежуточных участках используются трехболтовые зажимы, с помощью которых концы, подвесок и растяжек оконцовывают петлями с использованием гильз и обойм. В отдельных случаях, например, при большом расстоянии от линий подвески троса до ферм перекрытия, применяется второй разгрузочный трос, который натягивается выше несущего и к которому присоединяются струны промежуточного крепления. Вертикальные струны закрепляются в местах установки ответвительных коробок, с помощью трехболтовых зажимов.

Установка анкерных и натяжных конструкций, вертикальных подвесок, поперечных и продольных оттяжек, прокладка трасс для питающих магистралей относятся к первой стадии монтажа и выполняются при определенной готовности элементов здания, к которым подвешиваются и крепятся электропроводки. Расстояния между промежуточными подвесками, ответвительными коробками и электроприемниками, а также диаметр троса, подвесок и оттяжек зависят от приходящейся на них нагрузки и определяются проектом.

Металлические части всех элементов тросовой проводки без окраски или гальванических покрытий, а также оголенные участки троса и анкерные устройства в местах их соприкосновения должны смазываться техническим вазелином. Металлические скобки и плоские полоски для крепления проводов и кабелей должны иметь защитное покрытие от коррозии и мягкие прокладки, выступающие из-под них на 1,5 – 2 мм с обеих сторон.

Незащищенные изолированные провода укрепляются на тросе пластмассовыми «лицами», рассчитанными на два и четыре провода, при промежуточном креплении и подвеске электроприемников весом до 5 кг. Ответвление от проводов выполняют в зажимах с пластмассовым корпусом. Расстояние между «лицами» обычно 4,5 м. Допускается непосредственное крепление изолированных проводов к тросу (в сухих и влажных помещениях) поливинилхлоридной перфорированной лентой с кнопками или пряжками через каждые 0,5 м. Защищенные провода и кабели прикрепляются к тросу клицами, стальными полосками с пряжками и пластмассовыми полосками с кнопками (рис. 21.).

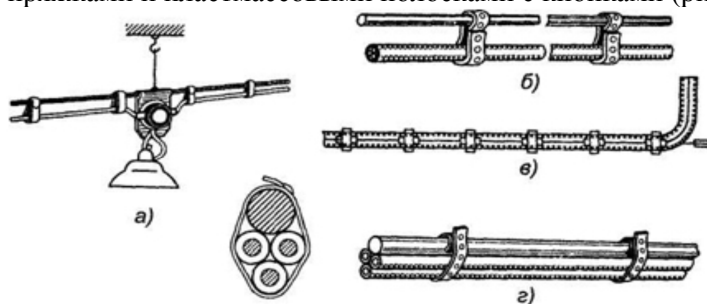


Рис. 21. Крепление проводов и кабелей к тросу: а - клицами; б, в - стальными полосками с пряжками; г – пластмассовыми полосками с кнопками

Ответвления к электроприемникам при монтаже тросовых проводок выполняются в специальных ответвительных коробках, корпуса которых состоят из двух разъемных частей, что позволяет не протягивать через них провод. Внутри такой коробки располагается анкерное устройство, выполненное в виде седла, при введении в которое несущего троса образуется полупетля токопроводящих жил необходимого размера для разделки жил и присоединения ответвлений. При укладке троса в анкерное устройство ответвительной коробки для обеспечения надежного защитного заземления коробки и троса с него удаляют изолирующую резиновую оболочку. Оголенный участок троса и анкерное устройство зачищают и смазывают техническим вазелином. Присоединение концов проводов от электроприемников выполняется внутри ответвительной коробки с помощью

сжимов, металлические вкладыши которых затем закрываются пластмассовыми корпусами.

Дополнительное крепление тросовой проводки к потолку здания осуществляется за петлю ответвительной коробки при помощи проволочной подвески.

Жилы проводов и кабелей соединяются в ответвительных коробках пайкой, сваркой, опрессовкой или с помощью сжимов. Места вводов в коробки открыто проложенных защищенных проводов и кабелей уплотняются специальными устройствами с резиновыми сальниками. Коробки закрепляются винтами на отрезках перфорированной полосы или ленты. Применяются также конструкции из монтажной полосы, с помощью которых вместе с ответвительной коробкой к тросу крепится электроприемник любого типа. Коробки могут устанавливаться также на стальных пластинах с выштампованными крючками (язычками), которые надеваются на проволоку и загибаются клещами вниз. Коробки к пластине можно прикреплять винтами, скобами или шпильками.

Применяются различные способы крепления ответвительных коробок к несущим конструкциям: полосками непосредственно к тросу или струне путем обхвата; на металлической пластине, закрепленной на струне или тросе; непосредственно на строительном основании (потолке, колонне) при небольшой высоте сооружения (рис. 22.).

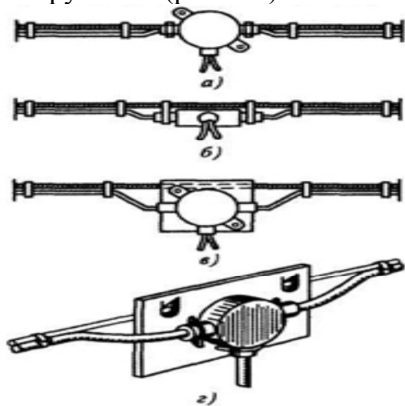


Рис. 22. Крепление ответвительных коробок полосками непосредственно на тросе или струне (а, б) и на подвесной пластине (в, г)

Концевые крепления струнных проводок выполняются глухими или с помощью натяжного устройства с одного конца, промежуточные — через 10-15 м с использованием крепежных деталей, предназначенных для установки коробок и электроприемников. Промежуточные крепления выполняют скользящими для обеспечения постоянного натяжения струны по всей длине. Струнные проводки экономичней тросовых, поскольку требуют меньше металла (диаметр струны 2 – 4 мм, а троса – 6 – 8 мм), крепежных деталей для промежуточных креплений и затрат труда.

Допускается заземление несущего троса приваркой свободного конца петли или гибкой стальной перемычкой длиной 600 мм к сети заземления помещения (рис. 23).

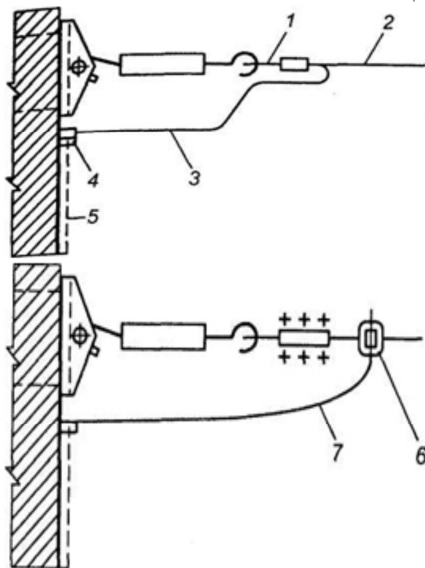


Рис. 23. Заземление троса приваркой свободного конца петли (а) и гибкой стальной перемычкой (б): 1- концевая петля на тросе; 2 – трос со снятой изоляцией; 3 – свободный конец петли троса; 4 – флажковый наконечник; 5 – шина заземления; 6- ответвительный сжим; 7 – гибкая стальная перемычка

Проволоку вытягивают лебедкой, разматывают по трассе и временно закрепляют на доступной высоте (предварительно оконцевав ее петлями с двух сторон, приварив флажки для за-

земления и установив по разметке основания для ответвительных коробок).

Кабель или провод для проводки разрезают на мерные отрезки, соответствующие расстоянию между коробками, и закрепляют их на несущей проволоке через каждые 300 – 350 мм металлическими бандажными полосками или поливинилхлоридной лентой с кнопками. Затем заводят концы провода или кабеля в коробки или ответвительные зажимы в пластмассовом корпусе и выполняют необходимые соединения и ответвления (после прозвонки и маркировки концов).

### **Монтаж скрытой проводки**

В последнее время в жилых помещениях применяется скрытая электропроводка. Находясь внутри строения, она проводится по всему зданию и выходит наружу только в местах подключений, где существует необходимость подключить розетки, переключатели, люстры. В некоторых случаях устанавливается распределительная коробка, к которой подходят все провода. В случае замены старой электропроводки используют специальные штроба, через которые подается новая проводка.

### **Выбор материалов**

Любой вид работы предполагает подготовительный этап, в процессе которого намечаются сроки сдачи работы, оцениваются силы и подготавливается материал. Остановимся на последнем моменте подробнее. Прокладка внутренней проводки осуществляется при помощи изолированных проводов и кабелей. Токпроводящие жилы проводов находятся в изоляции из резины или пластмассы. Высококачественные провода, кроме основной изоляции, могут обладать дополнительной защитой. Данный вид провода называется защищенным. Кабеля, применяемые для электропроводки в частных домах или жилых квартирах, практически ничем не отличаются от обычных проводов. Они также покрыты резиновым или пластиковым изолирующим элементом. Например, аббревиатура ВВГ означает кабель, а для обозначения провода используется аббревиатура ПУГНП. Каждая жила у них покрыта изоляцией, а провод в целом находится в общей наружной оболочке. Различия на первый взгляд несущественны, однако при более тщательном рассмотрении разницу можно ощутить. Внешняя оболочка у провода более тонкая и

мягкая. Следовательно, различия будут и в стоимости продукта. Стоимость кабеля всегда выше, поскольку он обладает повышенной устойчивостью к перепадам температуры, разнообразным механическим воздействиям, преждевременному износу изолирующего материала.

Для определения качества продукта, провода и кабеля маркируются специальными отметками. Первая буква в названии изделия обозначают материал токопроводящей жилы. Для примера первая буква А сообщает, что в проводе использованы алюминиевые жилы. Провод с медными токопроводящими жилами обычно не маркируется. Остальные символы маркировки перечисляют показатели и характеристики других элементов. Буква П обозначает провод или полиэтиленовую изоляцию. Двойная буква П характеризует плоский провод. Буквы В и Р обозначают поливинилхлоридную и резиновую изоляции соответственно. Список обширный, поскольку разновидностей проводов и кабелей существует бесчисленное множество.

Для прокладки кабеля в доме или квартире выбор материала не особо велик. Относительно кабелей существуют разновидности ВВГ и NUM. Провода включают разновидности ПУГНП, ПУНП, ПВС, ШВВП. Остановимся на характеристиках каждого элемента.

**ВВГ** представляет собой кабель с медными жилами, виниловой изоляцией и дополнительной защитой. Буква Г позволяет определить, что кабель является небронированным. Это довольно распространенный кабель, являющийся особо востребованным среди электромонтажных работ. Выполнен в черной наружной оболочке. Данный кабель имеет несколько разновидностей. ВВГз – кабель с медными жилами, обладающий дополнительной прочностью за счет наполнителя внутри наружной оболочки. Модификация ВВГз используется в редких случаях. Наиболее удобно данный вид кабеля подходит для проведения наружных работ в частном доме. ВВГнг – это разновидность стандартного ВВГ, которая не горит в огне. В последнее время используется вместо базового кабеля. Различие в стоимости кабеля незначительное. Единственным недостатком является жесткость. Кабель довольно проблематично прокладывать в узких местах или поворотах.



**NUM** представляет собой круглый кабель в бледно-зеленой оболочке и медной однопроволочной жилой. Родоначальником кабеля является Германия. Впоследствии, кабель стал производиться у нас. Характеристики схожи с ВВГ. Кабель обладает повышенной степенью прочности к механическим воздействиям. Существенным недостатком использования кабеля является плохая устойчивость к солнечному свету. Поэтому данный вид кабеля используется только для установки скрытой проводки. Стоимость NUM значительно выше ВВГ.

**ПБПП**. Это провод плоского типа с полиэтиленовой изоляцией белого цвета. Состоит из однопроволочных медных жил диаметром сечения до 6 мм. Используется для прокладки силовых и осветительных сетей.

**ПБГПП** – полный аналог ПБПП. Единственное отличие заключается в использовании многопроволочной гибкой жиле. Отлично подходит для прокладки осветительных сетей.

**ПВС** является соединительным проводом в виниловой изоляции. Это круглый провод, состоящий из многопроволочных медных жил средней гибкости. Максимальное число жил в проводе - 5, диаметр сечения до 10 мм. Провод выполнен в белой оболочке. Подходит для проведения любых работ. Позволяет изготавливать удлинители. Провод достаточно прочный, стойкий к изменению температуры. Удобен для наружной прокладки на открытом воздухе.

**ШВПП** выполнен в виде плоского медного провода с жилами повышенной гибкости. Диаметр сечения может достигать 2,5 мм. Благодаря отличной гибкости ШВПП используется как осветительный шнур для настольных световых приборов.

Наиболее приемлемым сочетанием при прокладке домашней электрической сети своими руками является применение ВВГ с диаметром сечения 2,5 мм. для розеток и гибкий ПБГПП для проведения освещения. Для ванной комнаты и кухни необходимо прокладывать ПВС.

После выбора проводников необходимо посчитать общий метраж. Необходимо подготовить планы помещений, в которых будет проходить ремонт, и выбрать способ расключения.

На чертежах подробно отмечают все предполагаемые работы. Затем для каждой комнаты составляется развертка

стен, на которой вычерчивается предполагаемый маршрут прокладки кабеля.

### **Рекомендации по монтажу скрытой проводки своими руками**

- Расстояние от кабеля до верхней или нижней точки комнаты должно составлять не менее 15 см. Расстояние от оконных или дверных проемов – не менее 10 см. Если прокладка проводов находится рядом с отопительными трубами – минимальное расстояние составляет 3 мм.

- Необходимо устанавливать проводку строго вертикально или горизонтально. Не стоит экономить лишние метры, укладывая проводку по диагонали.

- Необходимо всячески исключить пересечение проводов. Если этого не избежать, тогда необходимо оставить расстояние между внешним изолирующим слоем проводов. Обычно оно составляет 3 м.

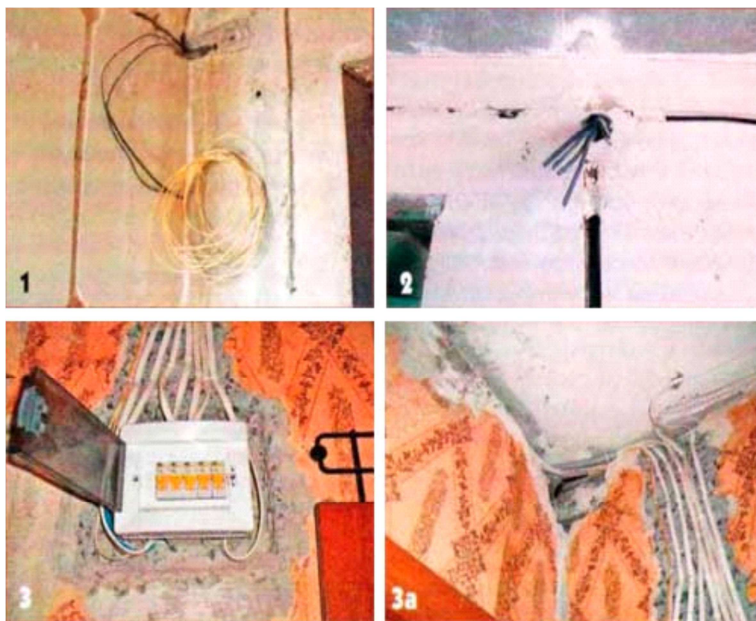
### **Два метода расключения: коробочное и шлейфовое**

**Коробочное расключение** является классическим типом расключения. Совсем недавно это был основной способ расключения. Методика его довольно проста. Используется один питающий кабель, который укладывается по всей площади квартиры. Затем от питающего кабеля отводятся провода для каждого помещения. Далее отведенные провода присоединяются к электрическим точкам. Разветвление проводов осуществляется в распаечной коробке. Основным плюсом данного метода является грамотный расход проводов. Минус заключается в невозможности управления выборочными частями сети при помощи распределительного щитка.

**Шлейфовое расключение.** Данный тип расключения иногда называют европейским. На сегодняшний момент является актуальным способом расключения. Суть его в следующем. На входе в квартиру устанавливается распределительный щиток, от которого к каждому помещению прокладывают два провода, один отвечает за подключение розеток, а второй – за проведение света. Распределительный щиток содержит автоматический выключатель для каждого провода и специальное устройство защитного отключения для каждой комнаты. Такой тип подключения требует дополнительного расхода кабеля, однако в плане

безопасности - лучше классического. Шлейфовое расключение обладает некоторой универсальностью, позволяя легко управлять сетью помещения и отключать ненужные узлы. Приобретая кабель, необходимо учитывать непредвиденные затраты на прокладку. Поэтому лучше взять немного больше. Это относится и к электромонтажным изделиям, изолирующим материалам, креплениям.

**Установка.** Когда все подготовительные работы проведены, можно приступать к монтажу. Если помещение находится на стадии строительства и планируется оштукатуривание стен, можно воспользоваться строительным алебастром для крепления проводов к стенам. В этом случае вы должны быть уверены, что последующий слой штукатурки закроет все проводники. Толщина должна составлять больше 1 см. В противном случае придется штробить стены. В качестве альтернативного варианта можно использовать дюбель-скобы для крепления проводов.



*Рис. 24. Крепление проводов.*

На рис. 24 изображено:

1. Ввод кабеля в квартиру. В этом месте планируется установка внутреннего распределительного щитка.

2. Ответвления при коробочном расключении ведут от распаечных коробок.

3. Внутриквартирный распределительный щиток. При расключении шлейфом провода, питающие разные комнаты, отходят непосредственно от распределительного щитка.

### **Процедура штробления стен**

Чтобы проштробить стену своими руками, можно воспользоваться зубилом или молотком, однако данный способ является не самым удачным в строительстве. Гораздо проще воспользоваться перфоратором или углошлифовальной машинкой. При помощи углошлифовальной машинки делают два продольных реза, а затем зубилом или перфоратором выбивают образовавшийся промежуток в стене.

Ширина штробы должна вмещать все провода, которые будут проходить по стене. Глубина штробы должна вмещать в себя все провода с последующим оштукатуриванием стены. До проведения штукатурных работ провода крепятся при помощи дюбель-скоб или строительного алебаstra. Для последующего оштукатуривания стен необходимо очистить проем штробы от пыли и обработать ее грунтовкой.

**Установка электрических точек.** Скрытая проводка предполагает установку распаечных коробок, розеток или выключателей в толщу стены. Для этого в стене проделывается небольшое отверстие. Можно воспользоваться углошлифовальной машинкой с алмазным диском или перфоратором с алмазной коронкой. Крепеж установочной коробки или выключателя осуществляется при помощи простого штукатурного раствора. Подготовленную поверхность очищают от пыли, проходят слоем грунтовки, затем наносят штукатурный раствор и вдавливают в него коробку. Излишки штукатурки удаляются шпателем. Нужно не забыть установить провода в боковые отверстия коробки.

### **Монтаж скрытой проводки в нижней части помещения**

Этот вариант позволяет избежать сильного штробления стен. Если предполагается заливать цементную стяжку, данный

вариант монтажа будет весьма кстати. Толщина цементной стяжки составляет 4-5 см. Для монтажа проводки этого расстояния будет достаточно. Можно применять специальную полиэтиленовую оболочку для дополнительной защиты проводки под слоем стяжки. Именно таким образом прокладывают силовые кабели, т.к. современные розетки принято устанавливать у пола. Места подхода проводов к электрическим точкам штробят, а затем штукатурят.

### **Монтаж проводов освещения**

Прокладку осветительных проводов можно осуществлять по потолку. Монтаж происходит наиболее просто, когда потолок облицован гипсокартоном. Также существует возможность скрытой установки проводов освещения без облицовки потолка. Секрет в том, что потолочные плиты перекрытия содержат полости, которые проходят по всей длине плиты. Отверстие полости вполне способно вместить в себя несколько проводов. Чтобы обнаружить данную полость, необходимо пробить отверстие в плите. Еще одно отверстие необходимо пробить для светильника. Для затяжки провода используется жесткая проволока, которая позволяет растянуть кабель по всей длине плиты. Нежные отверстия заделывают шпатлевкой. Этот способ является достаточно распространенным при проведении освещения в помещении.

### **Виды и монтаж контура заземления.**



*Рис. 25. Розетка заземления*

Говоря в общем, можно заметить, что великая и ужасная сила электричества давно описана, подсчитана, занесена в толстые таблицы. Нормативная база, определяющая пути синусоидальных электрических сигналах частоты 50 Гц способна ввергнуть любого неопита в ужас своим объемом. И, несмотря на это, любому завсегдагатаю технических форумов давно известно - нет более скандального вопроса, чем заземление.

Масса противоречивых мнений на деле мало способствует установлению истины. Тем более, вопрос этот на самом деле серьезный, и требует более пристального рассмотрения.

### **Основные понятия**

**Заземление** — электрическое соединение предмета из проводящего материала с землёй. Заземление состоит из заземлителя (проводящей части или совокупности соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду) и заземляющего проводника, соединяющего заземляемое устройство с заземлителем. Заземлитель может быть простым металлическим стержнем (чаще всего стальным, реже медным) или сложным комплексом элементов специальной формы.

Качество заземления определяется значением электрического сопротивления цепи заземления, которое можно снизить, увеличивая площадь контакта или проводимость среды — используя множество стержней, повышая содержание солей в земле и т.д. Устройство заземления в России требования к заземлению и его устройство регламентируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

Проводники защитного заземления во всех электроустановках, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, в том числе шины, должны иметь буквенное обозначение РЕ и цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины (для шин от 15 до 100 мм) желтого и зеленого цветов.

Нулевые рабочие (нейтральные) проводники обозначаются буквой N и голубым цветом. Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники должны иметь буквенное

обозначение PEN и цветовое обозначение: голубой цвет по всей длине и желто-зеленые полосы на концах.

### **Типы заземления**

#### **TN-C.**

Система TN-C (фр. Terre-Neutre-Combine) предложена немецким концерном АЭГ (AEG, Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft) в 1913 году. Рабочий ноль и РЕ-проводник (Protection Earth) в этой системе совмещены в один провод. Самым большим недостатком было образование линейного напряжения (в 1,732 раза выше фазного) на корпусах электроустановок при аварийном обрыве нуля.

#### **TN-S.**

На замену условно опасной системы TN-C в 1930-х была разработана система TN-S (фр. Terre-Neutre-Separe), рабочий и защитный ноль в которой разделялись прямо на подстанции, а заземлитель представлял собой довольно сложную конструкцию металлической арматуры.

Таким образом, при обрыве рабочего нуля в середине линии, корпуса электроустановок не получали линейного напряжения. Позже такая система заземления позволила разработать дифференциальные автоматы и срабатывающие на утечку тока автоматы, способные почувствовать незначительный ток. Их работа и по сей день основывается на законах Киргхофа, согласно которым текущий по фазному проводу ток должен быть численно равным текущему по рабочему нулю току.

Также можно наблюдать систему TN-C-S, где разделений нулей происходит в середине линии, однако в случае обрыва нулевого провода до точки деления корпуса окажутся под линейным напряжением, что будет представлять угрозу для жизни при касании.

#### **В п. 1.7.2. ПУЭ сказано:**

Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются на:

- электроустановки выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю), ;
- электроустановки выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю);
- электроустановки до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью;

-электроустановки до 1 кВ с изолированной нейтралью.

В подавляющем большинстве жилых и офисных домов России используется **глухозаземленная нейтраль**. Пункт 1.7.4. гласит:

Глухозаземленной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока).

Термин не совсем понятный на первый взгляд - нейтраль и заземляющее устройство на каждом шагу в научно-популярной прессе не встречаются. Поэтому, ниже все непонятные места будут постепенно объяснены.

Введем немного терминов - так можно будет по крайней мере говорить на одном языке. Возможно, пункты будут казаться "вытащенными из контекста". Но ПУЭ не художественная литература, и такое раздельное использование должно быть вполне обоснованно - как применение отдельных статей УК. Впрочем, оригинал ПУЭ вполне доступен как в книжных магазинах, так и в сети - всегда можно обратиться к первоисточнику.

1.7.6. Заземлением какой-либо части электроустановки или другой установки называется преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством.

1.7.7. Защитным заземлением называется заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности.

1.7.8. Рабочим заземлением называется заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки.

1.7.9. Занулением в электроустановках напряжением до 1 кВ называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

1.7.12. Заземлителем называется проводник (электрод) или совокупность металлически соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей.



1.7.16. Заземляющим проводником называется проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем.

1.7.17. Защитным проводником (PE) в электроустановках называется проводник, применяемый для защиты от поражения людей и животных электрическим током. В электроустановках до 1 кВ защитный проводник, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора, называется нулевым защитным проводником.

1.7.18. Нулевым рабочим проводником (N) в электроустановках до 1 кВ называется проводник, используемый для питания электроприемников, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в трехпроводных сетях постоянного тока. Совмещенным нулевым защитным и нулевым рабочим проводником (PEN) в электроустановках до 1 кВ называется проводник, сочетающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников. В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью нулевой рабочий проводник может выполнять функции нулевого защитного проводника.



Рис. 26. Отличие защитного заземления и защитного "нуля"

Итак, прямо из терминов ПУЭ следует простой вывод. Различия между "землей" и "нулем" очень небольшие... На первый взгляд (сколько копий сломано на этом месте). По крайней мере, они обязательно должны быть соединены (или даже могут быть выполнены "в одном флаконе"). Вопрос только, где и как это сделано.

Попутно отметим п. 1.7.33.

Заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

-при напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока - во всех электроустановках (см. также 1.7.44 и 1.7.48);

-при номинальных напряжениях выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока - только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Иначе говоря, заземлять или занулять устройство, подключенное к напряжению 220 вольт переменного тока совсем не обязательно. И в этом нет ничего особо удивительного - третьего провода в обычных советских розетках реально не наблюдается. Можно сказать, что вступающий на практике в свои права Евростандарт (или близкая к нему новая редакция ПУЭ) лучше, надежнее, и безопаснее. Но по старому ПУЭ у нас в стране жили десятки лет... И что особенно важно, дома строили целыми городами.

Однако, когда речь идет о заземлении, дело не только в напряжении питания. Хорошая иллюстрация этого - ВСН 59-88 (Госкомархитектуры) "Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования" Выдержка из главы 15. Заземление (зануление) и защитные меры безопасности:

15.4. Для заземления (зануления) металлических корпусов бытовых кондиционеров воздуха, стационарных и переносных бытовых приборов класса I (не имеющих двойной или усиленной изоляции), бытовых электроприборов мощностью св. 1,3 кВт, корпусов трехфазных и однофазных электроплит, варочных котлов и другого теплового оборудования, а также металлических нетоковедущих частей технологического оборудования помещений с мокрыми процессами следует применять отдельный проводник сечением, равным фазному, прокладываемый от щита или щитка, к которому подключен данный электроприемник, а в линиях питающих медицинскую аппаратуру, - от ВРУ или ГРЩ здания. Этот проводник присоединяется к нулевому проводнику питающей сети. Использование для этой цели рабочего нулевого проводника запрещается.

Получается нормативный парадокс. Одним из видимых на бытовом уровне результатов стало комплектование стиральных машин "Вятка-автомат" моточком одножильного алюминиевого провода с требованием выполнить заземление (руками сертифицированного специалиста).

И еще один интересный момент: 1.7.39. В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью или глухозаземленным выводом источника однофазного тока, а также с глухозаземленной средней точкой в трехпроводных сетях постоянного тока должно быть выполнено зануление. Применение в таких электроустановках заземления корпусов электроприемников без их зануления не допускается.

Практически это означает - хочешь "заземлить" - сначала "занули". Кстати, это имеет прямое отношение к знаменитому вопросу "забатаривания" - которое по совершенно непонятной причине ошибочно считается лучше зануления (заземления).

#### **Параметры заземления**

Следующий аспект, которые необходимо рассмотреть - числовые параметры заземления. Так как физически это не более чем проводник (или множество проводников), то главной его характеристикой будет сопротивление.

1.7.62. Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов или трансформаторов или выводы источника однофазного тока, в любое время года должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух. При этом сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более: 15, 30 и 60 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

Для меньшего напряжения допустимо большее сопротивление. Это вполне понятно - первая цель заземления - обеспе-

чить безопасность человека в классическом случае попадания "фазы" на корпус электроустановки. Чем меньше сопротивление, тем меньшая часть потенциала может оказаться "на корпусе" в случае аварии. Следовательно, в первую очередь нужно снижать опасность для более высокого напряжения.

Дополнительно нужно учитывать, что заземление служит и для нормальной работы предохранителей. Для этого необходимо, что бы линия при пробое "на корпус" существенно изменяла свойства (прежде всего сопротивление), иначе срабатывания не произойдет. Чем больше мощность электроустановки (и потребляемое напряжение), тем ниже ее рабочее сопротивление, и соответственно должно быть ниже сопротивление заземления (иначе при аварии предохранители не сработают от незначительного изменения суммарного сопротивления цепи).

Следующий нормируемый параметр - сечение проводников.

1.7.76. Заземляющие и нулевые защитные проводники в электроустановках до 1 кВ должны иметь размеры не менее приведенных в табл. 1.7.1 (см. также 1.7.96 и 1.7.104) .

Приводить всю таблицу не целесообразно, достаточно выдержки:

Для неизолированных медных минимальное сечение составляет 4 кв. мм, для алюминиевых - 6 кв. мм. Для изолированных, соответственно, 1,5 кв. мм и 2,5 кв. мм. Если заземляющие проводники идут в одном кабеле с силовой проводкой, их сечение может составлять 1 кв. мм для меди, и 2,5 кв. мм для алюминия.

### **Заземление в жилом доме**

В обычной "бытовой" ситуации пользователи электросети (т.е. жильцы) имеют дело только с Групповой сетью (7.1.12 ПУЭ. Групповая сеть - сеть от щитков и распределительных пунктов до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников). Хотя в старых домах, где щитки установлены прямо в квартирах, им приходится сталкиваться с частью Распределительной сети (7.1.11 ПУЭ. Распределительная сеть - сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов и щитков). Это желательно хорошо понимать, ведь часто "ноль" и "земля" отличаются только местом соединения с основными коммуникациями.

Из этого в ПУЭ сформулировано первое правило заземления:

7.1.36. Во всех зданиях линии 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 - PE проводники). Не допускается объединение нулевых рабочих и нулевых защитных проводников различных групповых линий. Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускаются подключать на щитках под общий контактный зажим.

Т.е. от этажного, квартирного или группового щитка нужно прокладывать 3 (три) провода, один из которых защитный ноль (совсем не земля). Что, впрочем, вовсе не мешает использовать ее для заземления компьютера, экрана кабеля, или "хвостика" грозозащиты. Вроде бы все просто, и не совсем понятно, зачем углубляться в такие сложности.

Можно посмотреть на свою домашнюю розетку... И с вероятностью около 80% не увидеть там третьего контакта. Чем отличается нулевой рабочий и нулевой защитный проводники? В щитке они соединяются на одной шине (пусть не в одной точке). Что будет, если использовать в данной ситуации рабочий ноль в качестве защитного?

Предполагать, что нерадивый электрик перепутает в щитке фазу и ноль, сложно. Хотя этим постоянно пугают пользователей, но ошибиться невозможно в любом состоянии (хотя бывают уникальные случаи). Однако "рабочий ноль" идет по многочисленным штробам, вероятно проходит через несколько распределительных коробочек (обычно небольшие, круглые, смонтированы в стене недалеко от потолка).

Перепутать фазу с нулем там уже намного проще (сам это делал не раз). А в результате на корпусе неправильно "заземленного" устройства окажется 220 вольт. Или еще проще - отгорит где-то в цепи контакт - и почти те же 220 пройдут на корпус через нагрузку электропотребителя (если это электроплита на 2-3 кВт, то мало не покажется).

Для функции защиты человека - прямо скажем, никуда не годная ситуация. Но для подключения заземления грозозащиты типа АРС не фатальная, так как там установлена высоковольтная развязка. Впрочем, рекомендовать такой способ было бы

однозначно неправильно с точки зрения безопасности. Хотя надо признать, что нарушается эта норма очень часто (и как правило без каких-либо неблагоприятных последствий).

Надо отметить, что гроозащитные возможности рабочего и защитного нуля примерно равны. Сопротивление (до соединительной шины) отличается незначительно, а это, пожалуй, главный фактор, влияющий на стекание атмосферных наводок.

Из дальнейшего текста ПУЭ можно заметить, что к нулевому защитному проводнику нужно присоединять буквально все, что есть в доме:

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

Вообще, это проще представить следующей иллюстрацией.

Картина довольно необычная (для бытового восприятия). Буквально все, что есть в доме, должно быть заземлено на специальную шину. Поэтому может возникнуть вопрос - ведь жили без этого десятки лет, и все живы-здоровы (и слава Богу)? Зачем все так серьезно менять? Ответ простой - потребителей электричества становится больше, и они все мощнее. Соответственно, риски поражения вырастают.

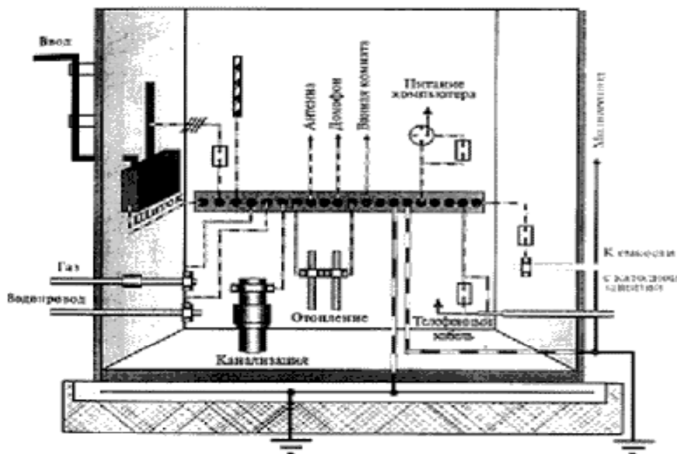


Рис. 27. Схема заземления

Но зависимость безопасности и стоимости величина статистическая, и экономию никто не отменял. Поэтому слепо класть по периметру квартиры медную полосу приличного сечения (вместо плинтуса), заводя на нее все, вплоть до металлических ножек стула, не стоит. Как не стоит ходить в шубе летом, и постоянно носить мотоциклетный шлем. Это уже вопрос адекватности.

Так же в область ненаучного подхода стоит отнести самостоятельное рытье траншей под защитный контур (в городском доме кроме проблем это заведомо ничего не принесет). А для желающих все же испытать все прелести жизни - в первой главе ПУЭ есть нормативы на изготовление этого фундаментального сооружения (в совершенно прямом смысле этого слова).

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать следующие практические выводы:

Если Групповая сеть выполнена тремя проводками, для заземления, зануления можно использовать защитный ноль. Он, собственно, для того и придуман.

Если Групповая сеть выполнена двумя проводками, желательно завести защитный нулевой провод от ближайшего щитка. Сечение провода должно быть более, чем фазного (точнее можно справиться в ПУЭ).

### **Вопросы для повторения:**

1. Способы прокладки открытых проводков?
2. Как выполняются вводы в помещение?
3. Как выполняется скрытая проводка?
4. Что называется заземлением?
5. Назовите типы заземления?

### **1.7.1 Монтаж и ремонт осветительных установок. Электрические счетчики**

План занятий:

1. Лампы накаливания, газоразрядные лампы.
2. Схемы включения.
3. Монтаж и ремонт осветительных электроустановок.
4. Системы и виды освещения.

5. Электрические источники света.
6. Арматура для ламп.
7. Прожекторы.
8. Производственное использование электрического света.

### **Виды освещения**

Установки электроосвещения различных видов выполняют во всех производственных и бытовых помещениях, в общественных, жилых и других зданиях, на улицах, площадях, дорогах, проездах. Кроме установок общего применения имеются специальные, например, для облучения растений в сельском хозяйстве, лечебных целей в медицинских учреждениях, регулирования и управления движением на транспорте и технологическими процессами на производстве и т.д.

Специальные устройства электроосвещения называют осветительными установками. В состав осветительной электроустановки входят источники света, осветительные арматуры, пускорегулирующие устройства, электропроводки, электроустановочные изделия и приборы, щиты, щитки и распределительные устройства. В соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) различают освещение общее, местное, аварийное и охранное.

**Общим** - называют освещение всего или части помещения;

**Местным** – освещение рабочих мест, предметов, поверхностей;

**Комбинированным** – сочетание общего освещения с местным, создающим повышенную освещённость непосредственно на рабочих местах.

Общее освещение может быть равномерным и локализованным, когда светильники размещают так, чтобы на основных рабочих местах создавалась повышенная освещённость.

Основным видом освещения для обеспечения нормальной деятельности во всех помещениях и на открытых участках, где в тёмное время суток производятся работы или происходит движение транспорта и людей, является рабочее.

При его нарушении используется аварийное освещение, обеспечивающее временно продолжение работы или эвакуацию



людей. Охранное освещение является составной частью рабочего и устанавливается вдоль границ охраняемой территории. К рабочему освещению относят ремонтное (переносное) и светозащитное для дымовых труб и других особо высоких сооружений.

### **Светильники и прожекторы**

Световой поток большинства источников света распределяется, а в пространстве достаточно равномерно.

Для рационального освещения помещения или открытого пространства требуется обычно распределить световой поток источника света вполне определённым образом: направить его вниз, или вверх. Для такого перераспределения светового потока применяют осветительные приборы.

Светильники являются осветительными приборами ближнего действия, служащими для освещения объектов, находящихся на небольшом расстоянии.

Прожектор в отличие от светильников является осветительным прибором дальнего действия и используется для освещения удалённых объектов.

Светильник состоит из источника света и осветительной арматуры. Главным назначением осветительной арматуры является перераспределение светового потока источника света. Ещё она предохраняет зрение рабочих от чрезмерной яркости источников света, защищает лампу от механических повреждений, защищает полости расположения источника света и патрона от воздействия окружающей среды, служит для крепления источника света, проводов, пускорегулирующих аппаратов.

Оптические системы осветительных приборов предназначены для перераспределения световых потоков источников света. Элементами оптических систем являются: отражатели, преломлятели, рассеиватели, защитные стёкла, экранирующие решётки и кольца.

**Отражатели** – перераспределяют световой поток лампы. В зависимости от отражения отражатели могут быть диффузными, матовыми или зеркальными.

**Рассеиватели** – перераспределяют световой поток лампы на основе рассеянного пропускания. Различают диффузные, матовые и матированные рассеиватели. Два последних обладают

направленно-рассеянным пропусканием ; у матированных рассеивающая способность меньше, чем у матовых.

**Преломлятель** – перераспределяет световой поток источника света, отразившийся от отражателя, перераспределяется с помощью рассеивателя или преломлятеля. Отдельные типы светильников могут не иметь отражателя или рассеивателя.

Современными электрическими источниками света являются лампы накаливания, люминесцентные низкого давления и ртутные высокого давления.

Лампы накаливания (рис.28) наиболее распространённые в качестве электрического источника света, имеют вольфрамовую нить, чаще всего спиральную, находящуюся в вакууме или инертным газе.

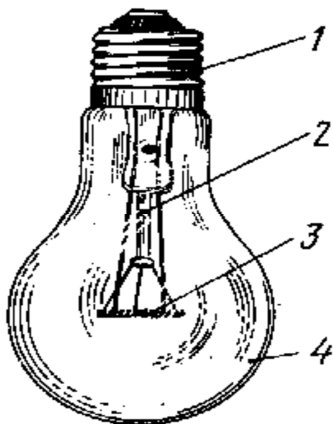


Рис. 28. Лампа накаливания. 1-цоколь, 2-стеклянная ножка, 3-нить накала, 4-стеклянная колба

Принцип действия ламп накаливания основан на преобразовании электрической энергии, подводимой к её нити, в энергию видимых излучений, воздействующих на органы зрения человека и создающих у него ощущение света, близкого к белому.

Лампы накаливания, из внутреннего объёма (колбы) которых выкачан воздух, называют вакуумными, а заполненные инертными газами - газополными.

Газополные лампы при прочих равных условиях имеют большую, чем вакуумные лампы, световую отдачу, поскольку находящийся в колбе под давлением газ препятствует испарению вольфрамовой нити, что позволяет повысить её рабочую температуру, а следовательно, и световую отдачу.

Недостатком их является некоторая дополнительная потеря тепла нити накала через конвекцию газа, заполняющего внутреннюю полость колбы. А основным недостатком ламп накаливания является низкая световая отдача: только 2-4% потребляемой или электрической энергии превращается в энергию видимых излучений, воспринимаемых глазом человека, остальная часть энергии преобразуется в тепло, излучаемое лампой.

Для освещения предприятий, учреждений и учебных заведений в настоящее время применяют преимущественно люминесцентные лампы низкого давления (рис.2) представляющие собой стеклянную герметически закрытую трубку, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем люминофора.

Люминесцентные лампы низкого давления изготавливают на напряжение 127В мощностью 15 и 20Вт, на напряжение 220В – мощностью 30, 40, 65 и 80Вт. Срок службы ламп при нормальном режиме работы 10 000 часов. Светоотдача люминесцентных ламп примерно в 4-5 раз выше, чем у ламп накаливания.

Одной из разновидностей люминесцентных ламп являются дуговые ртутные лампы (ДРЛ) высокого давления, которые служат для освещения городских улиц, площадей, а так же территории и производственных помещений предприятий и выпускаются двухэлектродные и четырёхэлектродные.

Двухэлектродные лампы ДРЛ выпускают мощностью 80, 125, 250, 400, 700 и 1000 Вт.

### **Схемы включения электрических источников света**

Существует множество схем включения электрических источников света. Наиболее простым являются схемы включения ламп накаливания, а более сложными – люминесцентных ламп и дуговых ртутных ламп (ДРЛ) высокого давления.

### **Схемы включения ламп накаливания**

Присоединение с сети двух ламп накаливания, управляемых одним однополюсным выключателем. Число ламп может быть больше двух.

Управление пятью лампами осуществляется двумя, расположенными рядом однополюсными выключателями.

Поворотом первого выключают первые 2 лампы, а поворотом второго – остальные 3. Такую схему включения ламп применяют в больших помещениях с режимом работы, требующим различной степени освещенности.

Для попеременного изменения числа включаемых ламп (например в люстре) их присоединяют к сети с помощью люстрового переключателя.

При первом повороте переключателя выключается одна лампа из трех, при втором – остальные две, но выключается первая лампа, третьим поворотом переключателя включаются все лампы, а четвертым – все лампы люстры выключаются.

При необходимости независимого управления одной или несколькими лампами с двух мест применяют схему где используют 2 переключателя, соединенных двумя переключками.

Переключки и провод, идущий от переключателя к лампам, создают необходимые цепи независимого управления лампами с двух мест. Эту схему используют при освещении коридоров и лестничных клеток жилых домов и предприятий, а так же туннелей с двумя или несколькими входами.

Лампы осветительных электроустановок, питаемых от трехпроводной системы трехфазного тока, включают на междофазное напряжение сети.

#### **Схемы включения люминесцентных ламп**

Люминесцентные лампы могут включаться в электрическую сеть по стартерной или бесстартерной схемам зажигания.

При включении ламп со стартерной схемой зажигания (рис. 29) в качестве стартера применяют газоразрядную неоновую лампу с двумя ( подвижными и неподвижными) электродами.

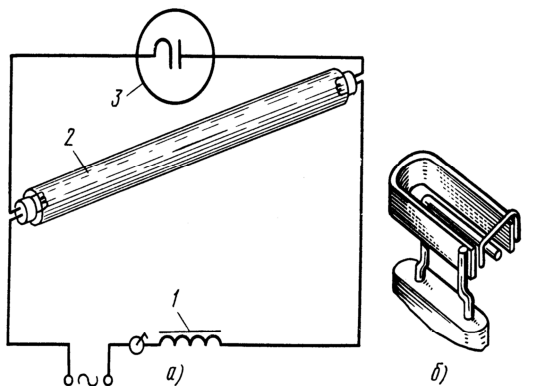


Рис. 29. Стартерное зажигание люминесцентной лампы:  
 а – схема, б – общий вид стартера; 1 – дроссель, 2 – лампа, 3 – стартер

Включают люминесцентную лампу в электрическую сеть только последовательно с балластным резистором, ограничивающим рост тока в лампе, и таким образом предохраняющим её от разрушения. В сетях переменного тока в качестве балластного резистора применяют конденсатор или катушку с большим индуктивным сопротивлением – дроссель.

Зажигание люминесцентной лампы происходит следующим образом. При включении лампы между электродами возникает тлеющий разряд, тепло которого нагревает подвижный биметаллический электрод. При нагреве до определенной температуры подвижный электрод стартера, изгибаясь, замыкается с неподвижным, образуя электрическую цепь, по которой протекает ток, необходимый для предварительного подогрева электродов лампы. Подогреваясь, электроды начинают испускать электроны. Во время протекания тока в цепи электродов лампы разряд в стартере прекращается, в результате подвижный электрод стартера остывает и, разгибаясь, возвращается в исходное положение, разрывая электрическую цепь лампы. При разрыве к напряжению сети добавляется ЭДС. Самоиндукции дросселя и

возникший в дросселе импульс повышенного напряжения вызывает дуговой разряд в лампе и её зажигание. С возникновением дугового разряда напряжение на электродах лампы и параллельно соединенных с ними электродах стартера снижается настолько, что оказывается недостаточным для возникновения тлеющего разряда между электродами стартера. Если зажигание лампы не произойдет, то на электродах стартера появится полное напряжение сети, и весь процесс повторится.

### Схемы включения ламп ДРЛ

Лампы *ДРЛ* включают в электрическую сеть переменного тока напряжением **220В**. Через поджигающее устройство, при помощи которого осуществляется зажигание лампы импульсом высокого напряжения (рис. 30)

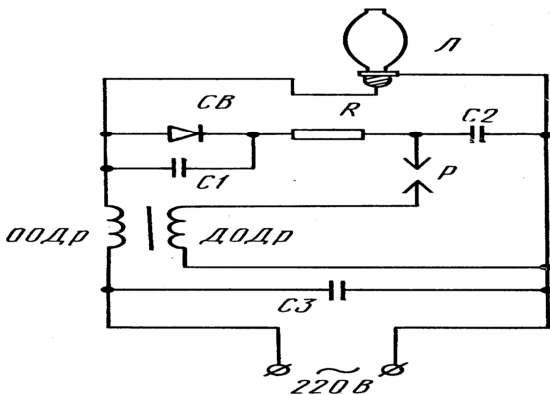


Рис. 30. Схемы включения ламп ДРЛ

Поджигающее устройство состоит из разрядника *P*, селенового выпрямителя (диода) *СВ*, зарядного резистора *R* и конденсаторов *С1* и *С2*. Основная обмотка дросселя в схеме служит для предотвращения резкого возрастания тока в лампе, а так же стабилизации её режима горения.

Зажигание ламп происходит так. При включении лампы ток, проходя через выпрямитель *СВ* и зарядный резистор *R*, заряжает конденсатор *С2*. Когда напряжение на конденсаторе *С2* достигнет примерно **220В**, происходит пробой воздушного промежутка разрядника *P* и конденсатор *С2* разряжается на дополнительную обмотку дросселя, в результате чего в основной об-

мотке дросселя создается повышенное напряжение, импульсом которого и зажигается лампа  $L$ . Для защиты выпрямителя от импульса высокого напряжения служит конденсатор  $C1$ , Конденсатор  $C3$  необходим для устранения помех радиоприемнику, создаваемых поджигающим устройством при зажигании лампы.

### **Эксплуатация осветительных установок**

Ни одна осветительная установка, как это следует из многочисленных обследований, не может оставаться эффективной, если за ней не будет обеспечен регулярный и хороший уход. Старение ламп и связанное с этим снижение их светового потока, накопление пыли и грязи на отражающих и рассеивающих поверхностях светильников и лампах, а также постепенное ухудшение отражающих свойств поверхностей помещений и оборудования – все это способствует потере светового потока и постепенному уменьшению уровня освещенности.

Старение источников света является неизбежным, степень же загрязнения светильников и поверхностей помещений и оборудования может контролироваться, а при хорошо организованной эксплуатации последствия загрязнения могут быть сведены к минимуму.

Правильная организация эксплуатации осветительных установок должна предусматривать: тщательную приемку осветительных установок после окончания монтажных работ и после капитальных ремонтов, своевременную смену ламп и чистку светильников, планово-предупредительный осмотр и ремонт светильников и электрической сети.

### **Замена ламп и чистка светильников**

Сохранность условий освещения, создаваемых осветительной установкой в процессе эксплуатации, зависит от ухода за ней и в значительной степени от своевременности замены источников света и содержания в чистоте осветительных приборов.

Самый простой и, к сожалению, наиболее часто применяемый метод замены – это индивидуальный метод замены ламп, когда лампы заменяются по мере сгорания. Недостатком этого является длительное использование потерявших свою эффективность ламп и связанное с этим снижение освещенности, создаваемой осветительной установкой.

Очень важной, необходимой и трудоемкой частью работ по эксплуатации осветительных установок является периодическая очистка колб ламп и отражающих, рассеивающих и других поверхностей и деталей светильников от накапливающейся на них пыли и грязи.

Частота чистки светильников зависит от многих факторов и в первую очередь от среды освещаемого помещения. Так, светильники в цехах металлургического завода нуждаются в большей частоте обслуживания, чем установленные в коридоре больницы. Точно так светильники в шлифовальной мастерской должны чиститься чаще, чем светильники в зале заседания, расположенном в том же здании.

Количество чисток, определенные главой II-A, 9-71 СНиП «Искусственное освещение. Нормы проектирования» по количеству пыли, дыма и копоти, содержащихся в воздушной среде помещений и наружных пространств, указаны в табл. 1

**Количество чисток светильников (табл. 1).**

Освещаемые объекты	Кол-во чисток не менее
Производственные помещения, в воздушной среде которых содержатся пыль, дым и копоть в количествах:	
10 мг/м <sup>3</sup> и более	2 раза в месяц
От 5 до 10 мг/м <sup>3</sup>	1 раз в месяц
Не более 5 мг/м <sup>3</sup>	1 раз в 3 месяца
Вспомогательные помещения с нормальной воздушной средой и помещения общественных и жилых зданий	1 раз в 3 месяца
Площадки промышленных предприятий, в воздушной среде которых содержатся пыль, дым и копоть в количествах:	
Более 5 мг/м <sup>3</sup>	1 раз в 3 месяца
До 0,5 мг/м <sup>3</sup>	1 раз в 6 месяцев
Улицы, площади, дороги, территории общественных зданий, жилых районов и выставок, парки, бульвары	1 раз в 6 месяцев



## **Приспособления для обслуживания светильников**

Особые трудности для эксплуатации осветительных установок вызывает обслуживание светильников, как правило, установленных на значительной высоте от пола (земли). Выполнение работ по замене источников света и загрязненных частей, участвующих в образовании светотехнической схемы светильников, зависит от наличия приспособлений или устройств для доступа к ним. Для этой цели в зависимости от высоты установки светильников могут быть использованы : приставные лестницы или стремянки, передвижные и самоходные телескопические и шарнирно-телескопические вышки, спускные устройства, подвесные и мостовые грузоподъемные краны, стационарные светотехнические мостики, автомашины с корзиной или площадкой на раздвижной телескопической или шарнирно-телескопической вышке.

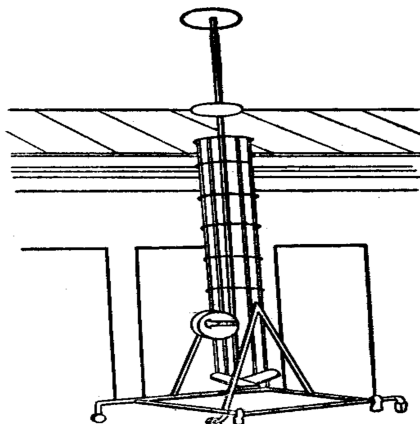
**Приставные лестницы и стремянки.** «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» обслуживание осветительных установок с этих устройств допускается при высоте подвеса светильников, не превышающей 5м, не менее чем двумя лицами. Длина лестниц и стремянок, должна быть такой, чтобы рабочий мог работать стоя на ступеньке, отстоящей на 1м от верхнего края лестницы, стремянки. Если стремянка имеет площадку – она должна быть ограждена на высоту 1м.

### **Передвижные, телескопические и шарнирно-телескопические подъемники**

Телескопические подъемники широко и успешно применяются для обслуживания светильников наружного освещения, установленных на опорах или кронштейнах на стенах зданий на высоте 6м и более от уровня земли.

Применение для обслуживания светильников в промышленных зданиях передвижных телескопических подъемников, подобных изображенному на рис. 31, малоэффективно. Эти подъемники обеспечивают узкий фронт работ, ограниченный размерами люльки. На подъем и опускание телескопа перед перемещением подъемника вручную с одной рабочей позиции на другую затрачивается большое количество времени. Как и при использовании лестниц и стремянок, светильники должны располагаться так , чтобы технологическое оборудование и высту-

пающие части фундаментов не мешали установке подъемника. Недостатки подъемников такого типа являются причиной их весьма ограниченного применения в промышленности.



*Рис. 31. Телескопическая вышка*

### **Планово-предупредительный осмотр, проверка и ремонт светильников.**

Для обеспечения нормальной работы осветительной установки за ней нужен постоянный надзор. Во время эксплуатации необходимо осуществлять предупредительные периодические осмотры, проверки и ремонты элементов осветительного оборудования. Сроки осмотров и ремонтов устанавливаются службой электрохозяйства предприятия в соответствии с правилами технической эксплуатации в зависимости от среды помещения, особенностей и назначения элементов осветительного оборудования.

Осмотру, ремонту и проверке подлежат светильники, групповые и магистральные щитки, провода, выключатели, переключатели, штепсельные розетки. Рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов всех перечисленных элементов осветительной установки указаны в табл. 2.

Таблица 2

**Рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов**

Объекты осмотра и ремонта.	Для помещений с нормальной средой и для установок наружного освещения.	Для помещений сырых, особо сырых, пыльных, с едкими парами или газами, пожара- или взрывоопасных.
Щитки, выключатели, штепсельные розетки, осветительные приборы и др. осветительные установки.	1 раз в 4 месяца	1 раз в 2 месяца
Те же, но относящиеся к аварийному освещению, за исключением штепсельных розеток.	1 раз в 2 месяца	1 раз в месяц

Осмотром и проверкой светильников должны устанавливаться: наличие, целостность и надежность закрепления рассеивателей, защитных стекол, экранирующих решеток, отражателей, надежность электрических контактов, состояние изоляции зарядных проводов, должны устанавливаться и устраняться возникающие неисправности в светильниках с люминесцентными лампами, причиной которых могут быть лампы, стартеры, ПРА, ошибки в схеме и др.

В установках с большим количеством люминесцентных светильников проверку их для обнаружения причин повреждения желательно производить на стенде в ремонтном отделении мастерской.

На стенде должны проверяться лампы и детали светильников, снятые с эксплуатации, и новые перед установкой.

Работы по осмотру, проверке и ремонту светильников должны быть приурочены ко времени их чистки. Обнаруженные неисправные или пришедшие в негодность части и детали светильников должны заменяться при ремонте аналогичными новыми. Это, естественно, касается только достаточно легко снимаемых частей светильников, таких, как патроны, рассеиватели, защитные стекла, экранирующие решетки, стартеры, ПРА,

уплотняющие прокладки и др. Если пришедшая в негодность часть светильника не может быть заменена, заменяется весь светильник.

К работам по ремонту светильников должны быть еще отнесены работы по восстановлению надежности контактных соединений и по замене зарядных проводов светильников с лампами накаливания и ДРЛ.

### **Арматура для ламп. Прожекторы.**

### **Источники света и осветительная арматура.**

#### **Виды освещения**

Установки электроосвещения различных видов выполняют во всех производственных и бытовых помещениях, в общественных, жилых и других зданиях, на улицах, площадях, дорогах, проездах. Кроме установок общего применения имеются специальные.

Специальные устройства электроосвещения называют осветительными установками. В состав осветительной электроустановки входят источники света, осветительные арматуры, пускорегулирующие устройства, электропроводки, электроустановочные изделия и приборы, щиты, щитки и распределительные устройства. В соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) различают освещение общее (освещение всего или части помещения), местное (освещение рабочих мест, предметов, поверхностей), аварийное (обеспечивающее временно продолжение работы или эвакуацию людей) и охранное (освещение является составной частью рабочего и устанавливается вдоль границ охраняемой территории).

#### **Светильники и прожекторы**

Световой поток большинства источников света распределяется, а в пространстве достаточно равномерно.

Для рационального освещения помещения или открытого пространства требуется обычно распределить световой поток источника света вполне определённым образом: направить его вниз, или вверх. Для такого перераспределения светового потока применяют осветительные приборы.

Светильники являются осветительными приборами ближнего действия, служащими для освещения объектов, находящихся на небольшом расстоянии.

Прожектор в отличие от светильников является осветительным прибором дальнего действия и используется для освещения удалённых объектов.

Светильник состоит из источника света и осветительной арматуры. Главным назначением осветительной арматуры является перераспределение светового потока источника света. Ещё она предохраняет зрение рабочих от чрезмерной яркости источников света, защищает лампу от механических повреждений, защищает полости расположения источника света и патрона от воздействия окружающей среды, служит для крепления источника света, проводов, пускорегулирующих аппаратов.

Оптические системы осветительных приборов предназначены для перераспределения световых потоков источников света. Элементами оптических систем являются: отражатели, преломлятели, рассеиватели, защитные стёкла, экранирующие решётки и кольца.

**Отражатели** - перераспределяют световой поток лампы. В зависимости от отражения отражатели могут быть диффузными, матовыми или зеркальными.

**Рассеиватели** - перераспределяют световой поток лампы на основе рассеянного пропускания. Различают диффузные, матовые и матированные рассеиватели. Два последних обладают направленно-рассеянным пропусканием ; у матированных рассеивающая способность меньше, чем у матовых.

**Преломлятель** - перераспределяет световой поток источника света, отразившийся от отражателя, перераспределяется с помощью рассеивателя или преломлятеля. Отдельные типы светильников могут не иметь отражателя или рассеивателя.

Современными электрическими источниками света являются лампы накаливания, люминесцентные низкого давления и ртутные высокого давления.

Почти для всех типов ламп средний срок службы составляет 1000 ч. В реальных условиях он может быть меньшим в зависимости от условий эксплуатации и конструктивного исполнения светильника. При работе в среднем 8 ч в день лампа живёт обычно 3-5 месяцев.

Лампы имеют невысокую световую отдачу от 7 до 17 лм/Вт. Этот показатель растёт при увеличении мощности лампы

и снижении напряжения, на которое она рассчитана. Например, лампа мощностью 40 Вт 220В имеет световую отдачу около 10 лм/Вт, а 100-ваттная - до 14 лм/Вт. Лампы одинаковой мощности на 127 и 220 В отличаются по световому потоку на 10-12%. Отличить лучшую по энергоэкономичности лампу можно по её белому излучению.

**Лампы накаливания** - традиционный источник света в помещениях жилых и общественных зданий. Они создают неповторимую обстановку праздничности или уюта и применяются во всех случаях, когда это необходимо по условиям дизайна. В функциональном отношении они очень эффективны при освещении картин и других нестойких к воздействию света экспонатов. Их невысокий срок службы и световая отдача бывают не столь важны в помещениях с кратковременным пребыванием людей и при низких нормированных значениях освещённости.

По принципу действия **галогенные лампы** устроены так же, как и другие лампы накаливания. Главное отличие состоит в том, что внутренний объём лампы заполнен парами йода или брома - т.е. галогенных элементов, что и отражено в названии ламп. Это позволяет увеличить температуру и продолжительность жизни тела накала и, в конечном счёте, повысить в 1,5-2 раза световую отдачу и срок службы ламп. Другое важное отличие состоит в том, что колба выполнена не из обычного, а из кварцевого стекла, более устойчивого к высокой температуре и химическим взаимодействиям. Благодаря этому размеры галогенных ламп можно уменьшить в несколько раз по сравнению с обычными лампами такой же мощности. Устройство зеркальных галогенных ламп отличается тем, что зеркальный отражатель вместе с цоколем приклеен к колбе лампы. Лампы с полупрозрачным (интерференционным) покрытием почти не нагревают освещаемую поверхность, т.к. ИК излучение пропускается отражателем «назад». Некоторые типы ламп имеют также фильтры, не пропускающие УФ лучи.

Наряду с лампами, рассчитанными для непосредственного включения в сеть с напряжением 220,127 или 110 В, очень широкое применение находят лампы низкого напряжения обычно на 12 В. Как и все лампы накаливания, галогенные лампы резко реагируют на изменение напряжения в сети. Увеличенное на 5-

6% напряжение может привести к почти двукратному сокращению срока службы.

Большинство галогенных ламп имеют срок службы 2000 ч, т.е. в 2 раза больший, чем обычные лампы накаливания. Энергоэкономичность в 1,5-2 раза выше, чем у других ламп накаливания. Световая отдача трубчатых ламп находится в пределах от 14 лм/Вт (при мощности 60 Вт) до 25 лм/Вт (при мощности 2000 Вт). У остальных ламп световая отдача составляет от 14 до 17 лм/Вт при сетевом напряжении и почти до 20 лм/Вт для мало-мощных ламп низкого напряжения.

Лампы на сетевое напряжение с цилиндрической или свечеобразной колбой с успехом заменяют обычные лампы во всех сферах их применения и особенно там, где требуются небольшие габариты по условиям размещения в стеснённых объёмах или скрытого расположения. Зеркальные лампы, особенно на низкое напряжение, практически незаменимы в технике акцентированного освещения выставок, музеев, витрин, ресторанов, жилых помещений и др.

**Люминесцентные** лампы (КЛЛ). Принцип действия состоит в использовании электролюминесценции (свечения паров металлов и газов при прохождении через них электрического тока) и фотолюминесценции (свечение вещества люминофора при его облучении другим, например, невидимым УФ светом). В люминесцентной лампе электрический разряд происходит при низком давлении ртути и некоторых инертных газов; электролюминесценция характеризуется очень слабым видимым и сильным УФ излучением. Световой поток лампы создаётся главным образом за счёт фотолюминесценции - преобразования УФ излучения в видимый свет слоем люминофора, покрывающим изнутри стенки трубчатой стеклянной колбы. Таким образом, лампа является своеобразным трансформатором невидимого света в видимый. Энергоэкономичность - это основное преимущество люминесцентных ламп. Их световая отдача, в зависимости от цветности, качества цветопередачи, мощности и типа ПРА находится в пределах от 50 до 90 лм/Вт. Наименее экономичны лампы небольшой мощности и высоким качеством цветопередачи.

Поскольку лампа не предназначена для непосредственного включения в сеть, значение напряжения на лампе при её маркировке не приводится. В комплекте с ПРА лампы обычно рассчитаны на питание от сети переменного тока промышленной частоты. Для питания от сети постоянного тока требуются специальные ПРА.

Лампы отличаются высоким сроком службы, достигающим 15000 ч. Некоторые производители приводят с учётом оптимизации расходов на освещение рентабельный срок службы, который может быть в два раза меньше. Указанные в технической документации значения срока службы значительно меньше продолжительности жизни лампы до полного отказа. В режиме частых включений срок службы лампы сокращается.

Люминесцентные лампы - наиболее массовый источник света для создания общего освещения в помещениях общественных зданий: офисах, школах, учебных и проектных институтах, больницах, магазинах, банках, предприятиях текстильной и электронной промышленности и др. Весьма целесообразно их применение в жилых помещениях: для освещения рабочих поверхностей на кухне, общего или местного (около зеркала) освещения прихожей и ванной комнаты. Нецелесообразно применение ламп в высоких помещениях, при температуре воздуха ниже 5°C и при затруднённых условиях обслуживания.

Применяемые для освещения **разрядные лампы высокого давления** можно подразделить на три группы: дуговые ртутные люминесцентные (ДРЛ), металлогалогенные (МГЛ) и натриевые лампы высокого давления (НЛВД).

Основные элементы устройства всех ламп одинаковы. В горелке из прочного тугоплавкого химически стойкого прозрачного материала в присутствии газов и паров металлов возникает свечение разряда - электролюминесценция. Горелка ламп ДРЛ и МГЛ выполнена из кварца, а НЛВД - из специальной керамики - поликора. Горелки содержат зажигающий газ аргон или ксенон и пары металлов при высоком давлении: ртути (у ДРЛ), ртути и смеси галоидов некоторых металлов (у МГЛ - отсюда название этих ламп), ртути и паров натрия (у НЛВД). Разряд происходит под действием приложенного к электродам горелки напряжения. Для облегчения зажигания в некоторых лампах предусмотрен



вспомогательный электрод. Горелка размещена внутри внешней колбы обычно прозрачной у МГЛ и НЛВД или покрытой изнутри слоем люминофора (для улучшения цветопередачи) у ДРЛ. Выпускаются также малогабаритные лампы МГЛ и НЛВД без внешней колбы (в основном для установки в прожекторах).

Лампы могут иметь очень высокую мощность, достигающую 1000 и 2000 Вт. Для внутреннего освещения относительно небольших помещений представляют интерес МГЛ и НЛВД мощностью 35 и 70 Вт и ДРЛ мощностью 50,80 и 125 Вт.

Наименее чувствительны к колебаниям напряжения лампы ДРЛ. При изменении напряжения сети на 10-15% в большую или меньшую сторону работающая лампа отзывается соответствующим повышением или потерей светового потока на 25-30%. При напряжении менее 80% сетевого лампы могут не зажечься, а в горящем состоянии погаснуть.

Срок службы большинства ламп составляет 10000-15000 ч.

Наименьшую световую отдачу среди рассмотренных рядных ламп имеют лампы ДРЛ: 40-60 лм/Вт, наибольшую НЛВД - до 120 лм/Вт. Лампы МГЛ занимают промежуточное положение: их световая отдача составляет от 60 до 100 лм/Вт. Световая отдача ламп растёт с увеличением мощности.

Традиционные области применения ламп ДРЛ: освещение открытых территорий, производственных, сельскохозяйственных и складских помещений. Везде, где это связано с необходимостью большой экономии электроэнергии, эти лампы постепенно вытесняются НЛВД (освещение городов, больших строительных площадок, высоких производственных цехов и др.). Основные области применения МГЛ: открытые и закрытые спортивные сооружения, некоторые помещения зального типа в общественных зданиях, высокие производственные цеха с высокими требованиями к цветопередаче. Небольшие по мощности лампы всех типов могут успешно применяться для освещения придомовой территории, гаража, а также для дежурного освещения. МГЛ и НЛВД с улучшенной цветопередачей мощностью до 70-100 Вт начинают вытеснять лампы накаливания и люминесцентные лампы из сфер их применения в общественных и жилых зданиях. Все типы ламп с успехом используются для

наружного освещения и светового оформления городов (фасады зданий, фонтаны, памятники, зелёные насаждения и др.)

**Оптоволокно** Волоконно-оптические технологии в освещении применяются уже несколько десятилетий, но до сих пор считаются экзотикой. Между тем, применение оптоволоконна позволяет легко и элегантно решать сотни технических проблем, возникающих при разработке световых проектов, а во многих случаях вообще является единственно возможным решением.

Оно позволяет управлять светом, например: загнать его внутрь гибкого световода, провести сквозь стены, через землю и воду, огибая углы и обходя препятствия, а когда необходимо - извлечь в нужных количествах и использовать по назначению.

Конструктивной основой гибких волоконных световодов являются стеклянные оптические волокна, которые выпускаются со специальными добавками, обеспечивающими их стойкость к поражению грибками, плесенью и водорослями, а также с добавками против вредного воздействия ультрафиолетового излучения. Волокно состоит из сердцевины, выполненной из мягкого материала, и более твёрдой оболочки. Разные материалы по-разному преломляют свет, что и заставляет работать физику полного внутреннего отражения: сердцевина должна иметь больший показатель преломления, чем оболочка

Уже сегодня пластиковое волокно широко применяется в освещении, оставив стекло далеко позади по объёмам продаж.. Стеклянное оптоволокно применяется в телекоммуникации для передачи данных с высокой скоростью.

Световоды бывают двух типов - торцевого и бокового свечения. Оптоволоконные кабели торцевого свечения работают по классической схеме передачи света с минимальными потерями в заданную точку пространства. Принцип действия кабелей бокового свечения, наоборот, основан на «побочном эффекте» свечения оптоволоконна, возникающем из-за потерь при внутреннем отражении, когда часть света проходит наружу (это происходит при изгибе волокна, когда угол падения лучей меньше предельного и фактически внутреннее отражение становится не полным, а частичным. В световодах бокового свечения используются такие же волокна, как и в кабелях торцевого свечения, только они особым образом скручены или переплетены. При

этом применяется прозрачная гибкая оболочка, и свет становится хорошо видимым, создавая боковое свечение вдоль световода.

Эффективность оптоволоконной системы освещения не превышает 15-20%.

На первый взгляд, традиционное освещение значительно более эффективно: типичное значение светового КПД обычных световых приборов -50-70%.

Однако следует учитывать, что для традиционных осветительных установок характерны большие световые потери, когда часть излучаемого света теряется в пространстве или даже приводит к нежелательной (паразитной) засветке. При этом общий КПД установки с учётом так называемого коэффициента использования светового потока может быть значительно ниже, и обеспечиваемые оптоволоконной системой 15% становятся вполне конкурентоспособным результатом.

Оптические волокна не проводят электричество, а производимое ими количество тепла ничтожно.

Оптоволоконные световоды могут находиться в непосредственном контакте с водой и с любыми строительными материалами. Оптические волокна не проводят ультрафиолетовое и инфракрасное излучение.

Производители как полимерного, так и стеклянного оптоволоконна декларируют средний срок службы изделий более 20 лет.

**Система оптоволоконного освещения:** Три основных части системы - проектор, световодный жгут и оптические насадки. Проектор - не просто ящик с лампой, а довольно сложное устройство, в котором, помимо источника света со встроенным отражателем, могут находиться источник питания, пускорегулирующая аппаратура, экран, оптический порт, система охлаждения с вентилятором, а также устройства для создания специальных эффектов: электромотор с диском или барабаном для установки цветных светофильтров или перфорированных экранов, синхронизаторы, устройства DMX-управления и т.д.

В зависимости от применяемых источников света проектор может быть галогенным, газоразрядным или светодиодным.

Галогенные проекторы оснащаются дихроичными галогенными лампами, обычно мощностью 50,75 и 100 Вт. Галогенные проекторы могут быть анимационными, с управлением изменени-

ем цвета (в том числе по протоколу DMX512, применяемому в профессиональном сценическом свете), а также приспособленными для создания специальных эффектов (например, “звёздное небо”). Газоразрядные проекторы оснащаются металлогалогенными лампами, обычно 70 или 150, реже 250 и 400 Вт. Дополнительные опции такие же, как и у их галогенных собратьев.

Светодиодные иллюминаторы в качестве источника света используют полупроводниковые приборы - светодиоды.

Проектор - активный элемент оптоволоконной системы освещения - нуждается в особом обращении при установке и обслуживании. Световодный жгут - уникальная часть системы, состоящая из группы волокон и световодов различных типоразмеров и длин. Световодный жгут, точнее тот его конец, который присоединяется к проектору, специальным образом обрабатывается и вставляется в соединительное устройство - оптический порт.

### **Освещение строительных площадок**

Для электрического освещения строительных площадок и участков следует применять типовые стационарные и передвижные инвентарные осветительные установки. Передвижные инвентарные осветительные установки должны размещаться на строительной площадке в местах производства работ, и в зоне транспортных путей и др. Строительные машины должны быть оборудованы осветительными установками наружного освещения. В тех случаях, когда строительные машины не поставляются комплектно с осветительным оборудованием для наружного освещения, при проектировании электрического освещения должны быть предусмотрены установки наружного освещения, монтируемые на корпусах машин. Электрическое освещение строительных площадок и участков подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное. Рабочее освещение должно быть предусмотрено для всех строительных площадок и участков, где работы выполняются в ночное время и сумеречное время суток, и осуществляется установками общего освещения (равномерного или локализованного) и комбинированного (к общему добавляется местное). Общее равномерное освещение следует применять, если нормируемая величина освещенности не превышает 2 лк. В остальных случаях и дополнении к обще-

му равномерному должно предусматриваться общее локализованное освещение или местное освещение.

Для освещения мест производства наружных строительных и монтажных работ должны применяться источники света:

- лампы накаливания общего назначения - ЛН по ГОСТ 19190-84;

- лампы накаливания прожекторные по ГОСТ 19190-84;

- лампы накаливания галогенные по ГОСТ 19190-84;

- лампы ртутные газоразрядные высокого давления ДРЛ по ГОСТ 23583-79, ГОСТ 23198-78;

- лампы ртутные газоразрядные высокого давления ДРИ по ГОСТ 20401-75;

- лампы ксеноновые ДКсТ по ГОСТ 20401-75;

- лампы натриевые высокого давления НЛВД по ГОСТ 24169-80.

Общее освещение должно осуществляться световыми приборами по ГОСТ 6047-75, ГОСТ 8045-82. Для общего равномерного освещения строительных площадок должны применяться световые приборы:

- светильники с ЛН при ширине строительной площадки до 20 м;

- светильники с лампами типа ДРЛ и типа НЛВД-при ширине площадки от 20 до 150 м;

- прожекторы с ЛН и лампами ДРИ-при ширине площадок от 150 до 300 м;

- светильники и прожекторы с лампами ДКсТ, имеющие коэффициент усиления силы света не менее 10-при ширине площадки свыше 300 м.

Для освещения мест производства строительных и монтажных работ внутри здания должны применяться светильники с лампами накаливания общего назначения. Для общего локализованного освещения при расположении светильников на расстоянии 15 м и менее от мест производства работ должны применяться светильники с лампами типов ДРЛ и ПЛВД, а также прожекторы с лампами типов ЛН и ДРЛ. Светильники общего локализованного освещения устанавливаются на зданиях, конструкциях и мачтах общего равномерного освещения. Установка осветительных устройств на сгораемых кровлях (покрытиях)

зданий запрещается. Аварийное освещение должно быть предусмотрено в местах производства работ по бетонированию ответственных конструкций в тех случаях, когда по требованиям технологии перерыв в укладке бетона недопустим. Аварийное освещение на участках бетонирования железобетонных конструкции должно обеспечивать освещенность 3 лк, а на участках бетонирования массивов-1 лк на уровне укладываемой бетонной смеси. Эвакуационное освещение должно быть предусмотрено в местах основных путей эвакуации, а также в местах проходов, где существует опасность травматизма. Эвакуационное освещение должно обеспечивать внутри строящегося здания освещенность 0,5 лк, вне здания-0,2 лк. Охранное освещение предусматривается в тех случаях, когда в темное время суток требуется охрана строительной площадки или участка производства работ. Для осуществления охранного освещения следует выделять часть светильников рабочего освещения. Охранное освещение должно обеспечивать на границах строительных площадок или участков производства работ горизонтальную освещенность 0,5 лк на уровне земли или вертикальную на плоскости ограждения. Для строительных площадок и участков работ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. Для участков работ, где нормируемые уровни освещенности должны быть более 2 лк, в дополнение к общему равномерному освещению следует предусматривать общее локализованное освещение. Для тех участков, на которых возможно только временное пребывание людей, уровни освещенности должны быть снижены до 0,5 лк.

Наружное освещение автодорог, линий забойных конвейеров выполняется светильниками типов СПО, СПП, СЗП с лампами накаливания и топов СПОР, СППР, СЗПР и других с лампами ДРЛ.

Расчет освещения светильниками проводится точечным методом. Предварительно выбирается тип светильника. Высота установки светильников над уровнем освещаемой поверхности (h) Выбирается согласно требованию СНиП 11-4-79 « Естественное и искусственное освещение». Для ограничения слепя-

щего действия светильников высота установки их над уровнем земли должна быть:

Для светильников с защитным углом  $< 15^\circ$  - не менее указанной в таблице для светильников с защитным углом  $15^\circ$  и более - не менее 3,5 м при любых источниках света.

Допускается не ограничивать высоту подвеса светильников с защитным углом  $15^\circ$  и более на площадках для прохода людей или обслуживания технологического оборудования.

### **Вопросы для повторения:**

1. Назовите основные элементы светильников, прожекторов?
2. Устройство лампы накаливания?
3. Устройство люминесцентных ламп?
4. Что называется оптоволокном?
5. Какие виды освещения выполняются в бытовых и производственных помещениях?
6. Принцип действия лампы накаливания?
7. Какая аппаратура применяется для включения люминесцентной лампы?
8. Какие работы предусмотрены при техническом осмотре осветительных установок?

## **1.7.2 Электрические счетчики**

План занятия:

1. Назначение электросчетчиков.
2. Устройство и принцип действия однофазного и трехфазного счетчика.
3. Схемы включения электрических счетчиков.

### **Назначение электросчетчика**

- Учет электроэнергии отдельно по тарифам: текущие показания, показания за текущий месяц, показания за прошедший месяц (кВт/ч).

- Отображение информации на ЖКИ.
  - Переключение режимов отображения с кнопки или автоматически через интервал времени.
  - Автоматический переход на "летнее" и "зимнее" время.
  - Отсчет и возможность вывода на ЖКИ значения текущего времени (день недели, число, месяц, год, часы, минуты, секунды).
  - Вывод на ПЭВМ информации по учету электроэнергии.
  - Защиту от несанкционированного изменения введенной и накопленной информации.
  - Запись времени и даты изменения параметров.
- Счетчик ведет учет и отображение следующих параметров:
- текущие показания счетчика по 4 тарифам;
  - потребленная электроэнергия за текущий месяц по 4 тарифам;
  - потребленная электроэнергия за прошедший месяц по 4 тарифам;
  - текущая дата;
  - текущее время.

Отображение информации производится на едином ЖКИ. Сохранение введенной информации и данных учета электроэнергии при отсутствии питания не менее 40 лет. Счетчик позволяет считывать по интерфейсу обмена следующую информацию:

- заводской номер счетчика;
- текущие показания счетчика по 4 тарифам;
- потребленную электроэнергию за текущий месяц по 4 тарифам;
- потребленную электроэнергию за прошедший месяц по 4 тарифам;
- текущие дату и время;
- тарифное расписание отдельно для рабочих, выходных и праздничных дней;
- календарь праздничных (нестандартных) дней;
- дату, время перехода на летний режим работы;
- дату, время перехода на зимний режим работы;
- пароли доступа;
- дату последних корректировок параметров;
- режимы отображения информации на ЖКИ;



- состояние счетчика с перечнем ошибок в работе, если они имеются.

Счетчик позволяет записывать по интерфейсу обмена следующую информацию:

- локальный адрес;
- текущую дату и время;
- тарифное расписание отдельно для рабочих, выходных и праздничных дней;
- календарь праздничных (нестандартных) дней;
- дату, время перехода на летний режим работы;
- дату, время перехода на зимний режим работы;
- пароли доступа;
- режимы отображения информации на ЖКИ.

Вся считываемая и записываемая информация в счетчике защищена паролями доступа, кроме того, запись параметров в счетчик возможна только при установленной заглушке разрешения записи. Гарантия 2,5 года со дня ввода в эксплуатацию.

#### **Устройство однофазного электросчетчика**

Основные части индукционного электросчётчика это: токовая катушка 1, катушка напряжения 2, алюминиевый диск 3, счётный механизм с червячной и зубчатой передачей 4 и постоянный магнит 5.

Токовая катушка включена в сеть последовательно и создаёт переменный магнитный поток, пропорциональный току, а катушка напряжения - параллельно, создавая переменный магнитный поток, пропорциональный напряжению.

Эти магнитные потоки пронизывают алюминиевый диск, причём, переменные магнитные потоки токовой обмотки - дважды, в связи с U-образной формой её магнитопровода, наводя в нём ЭДС.

Таким образом, возникают электромеханические силы, создающие крутящий момент - вращение диска, ось которого связана со счётным механизмом червячной и зубчатой передачей, производя передачу движения оси диска на цифровые барабаны.

Крутящий момент, создающий вращение диска пропорционален мощности сети; выше мощность - сильнее крутящий момент, диск крутится по оси быстрее.

Для выравнивания и успокоения колебаний частоты вращения в устройство электросчётчика входит постоянный магнит, поток которого, взаимодействуя с вихревыми токами диска, создаёт электромеханическую силу с направлением, обратным движению диска, что и создаёт тормозной момент.

### **Принцип действия однофазного электросчетчика**

Счетчик представляет собой измерительную ваттметровую систему и является интегрирующим (суммирующим) электроизмерительным прибором. Принцип действия индукционных приборов основан на взаимодействии переменных магнитных потоков с токами, индуцированными ими в подвижной части прибора (в диске). Электромеханические силы взаимодействия вызывают движение подвижной части.

Основными его узлами являются электромагниты 1 и 2, алюминиевый диск 3, укрепленный на оси 4, опоры оси - подпятник 5 и подшипник 6, постоянный магнит 7. С осью связан при помощи зубчатой передачи 8 счетный механизм (на рисунке не показан), 9 - противоположус электромагнита 1. Электромагнит 1 содержит Ш - образный магнитопровод, на среднем стержне которого расположена многовитковая обмотка из тонкого провода, включенная на напряжение сети  $U$  параллельно нагрузке  $N$ . Эта обмотка в соответствии со схемой включения называется параллельной обмоткой или обмоткой напряжения. При номинальном напряжении 220 В параллельная обмотка имеет обычно 8-12 тысяч витков провода диаметром 0,1 - 0,15 мм. Электромагнит 2 расположен под магнитной системой цепи напряжения и содержит  $U$  - образный магнитопровод, с расположенной на нем обмоткой из толстого провода с малым количеством витков. Данная обмотка включена последовательно с нагрузкой и поэтому называется последовательной или токовой обмоткой. Через нее протекает полный ток нагрузки  $I$ . Обычно количество ампер-витков этой обмотки находится в пределах 70 - 150, т.е. при номинальном токе 5 А обмотка содержит от 14 до 30 витков. Комплекс деталей, состоящий из последовательной и параллельной обмоток с их магнитопроводами, называется вращающим элементом счетчика.

Ток протекающий по обмотке напряжения создает общий переменный магнитный поток цепи напряжения, небольшая

часть которого (рабочий поток) пересекает алюминиевый диск находящийся в зазоре между обоими электромагнитами. Большая часть магнитного потока цепи напряжения замыкается через шунты и боковые стержни магнитопровода (нерабочий поток), который разделяется на две части и необходим для создания требуемого угла сдвига фаз между магнитными потоками цепи напряжения и цепи нагрузки (токовой цепи). Магнитный поток цепи напряжения прямо пропорционален приложенному напряжению (напряжению сети).

Ток нагрузки, протекающий через токовую обмотку, создает переменный магнитный поток, который также пересекает алюминиевый диск и замыкается по магнитному шунту верхнего магнитопровода и частично через боковые стержни. Незначительная часть (нерабочий поток) замыкается через противопололюс на пересекая диск. Так как магнитопровод токовой обмотки имеет U-образную конструкцию, то его магнитный поток пересекает диск дважды.

Таким образом, всего через диск счетчика проходят три переменных магнитных потока. Согласно закону электромагнитной индукции, переменные магнитные потоки обоих обмоток при пересечении диска, наводят в нем ЭДС (каждый свою т.е. две), под действием которых в диске вокруг следов этих потоков протекают соответствующие вихревые токи (правило “буравчика” вспоминаем). В результате взаимодействия магнитного потока обмотки напряжения и вихревого тока от магнитного потока токовой обмотки и с другой стороны магнитного потока токовой обмотки и вихревого тока от обмотки напряжения, возникает электромеханические силы, которые создают вращающий момент, действующий на диск. Этот момент пропорционален произведению указанных магнитных потоков и синусу угла сдвига фаз между ними.

Активная мощность потребляемая нагрузкой определяется как произведение силы тока на приложенное напряжение и на косинус угла между ними. Так как магнитные потоки обоих обмоток пропорциональны напряжению и току, то можно добившись конструктивным путем равенства синуса угла между потоками и косинуса угла между вектором тока и напряжения осуществить пропорциональность вращающего момента счет-

чика с коэффициентом измеряемой активной мощности. Синус одного угла равен косинусу другого угла если между ними сдвиг 90 град., чего и достигают в конструкциях счетчиков (применение короткозамкнутых витков, дополнительных обмоток замкнутых на регулируемое сопротивление, перемещение винтового зажима и т.д.) Вращающий момент пропорциональный мощности сети приводит диск счетчика во вращение, частота вращения которого устанавливается, когда вращающий момент уравновешивается тормозным моментом. Для создания тормозного момента в счетчике имеется постоянный магнит, который своими полюсами охватывает диск. Силовые линии магнитного поля, пересекая диск, наводят в нем дополнительную ЭДС, пропорциональную частоте вращения диска. Эта ЭДС в свою очередь вызывает протекание в диске вихревого тока, взаимодействие которого с потоком постоянного магнита приводит к возникновению электромеханической силы, направленной против движения диска, т.е. приводит к созданию тормозного момента. Регулировку тормозного момента, а следовательно частоты вращения диска производят путем перемещения постоянного магнита в радиальном направлении. При приближении магнита к центру диска, частота вращения уменьшается.

Таким образом добившись постоянной частоты вращения диска счетчика получаем, что измеряемое счетчиком количество энергии получается из произведения числа оборотов диска счетчика и  $C$ - коэф. пропорциональности, постоянной счетчика.

### **Трёхфазный электросчетчик**

Трёхфазные электросчётчики предназначены для сложных токовых систем - трёхфазных, трёх- или четырёхпроводных, - которые используются для электрообеспечения частных домов, коттеджей и производственных помещений.

Большинство трёхфазных счётчиков представляют собой сложные измерительные приборы, которые дополнены микропроцессорными технологиями, дающими возможность хранить информацию о потреблении чаще всего в течение 11 месяцев, предусматривающие несколько тарифных зон, вплоть до 12 тарифов. Кроме того, трёхфазные электросчётчики не только учитывают и собирают данные о расходе электроэнергии, но и следят за изменением и колебаниями напряжения, сообщая об этом

абонентам в виде звукового сигнала. Эти полезные свойства трёхфазных счётчиков делают их особенно полезными при создании АСКУЭ.

АСКУЭ - это автоматизированная система контроля и учета электроэнергии, которая в настоящее время используется в России повсеместно, особенно на предприятиях и производстве. С помощью АСКУЭ можно не только фиксировать расход потребляемого электричества, но и осуществлять контроль над энергопотреблением в различных цехах и комнатах.

Для работы в составе АСКУЭ вполне подходят многие индукционные трёхфазные электросчётчики, однако класс точности таких счётчиков составляет 2-2,5%, что делает их использование нерациональным. Извлечь всю выгоду из АСКУЭ, установка и организация которой - процесс сложный, трудоёмкий и довольно дорогостоящий, можно только при использовании современных электронных и микропроцессорных трёхфазных счётчиков. Поэтому всем предприятиям рекомендовано заменить индукционные трёхфазные электросчётчики на электронные или микропроцессорные.

Выгода от установки АСКУЭ может быть настолько высокой, что подобные автоматизированные системы стали использоваться и в бытовых условиях. В Москве АСКУЭ оборудуются все вновь строящиеся жилые дома ещё на начальных стадиях строительных работ. Жители домов, в которых установлена автоматизированная система контроля и учёта электроэнергии, могут существенно сэкономить, т.к. АСКУЭ позволяет вести дифференцированный учёт потребления электричества в зависимости от времени суток и показывать данные по расходу электричества в течение определённого промежутка времени.

Так как трёхфазные счетчики электроэнергии используются в основном в составе АСКУЭ, существует несколько вариантов их включения в электрическую сеть. Трёхфазные электросчётчики могут быть включены непосредственно в сеть без использования измерительных трансформаторов (счетчики прямого включения), либо с применением трансформаторов полностью (счетчики косвенного включения) или частично (счетчики полукосвенного включения). В последнем случае к трансформатору подсоединяется только токовые обмотки, тогда как обмот-

ки напряжения соединяются непосредственно с электрической сетью. Трёхфазные счётчики прямого и полукосвенного включения предназначены для сетей до 1 кВ, электросчётчики косвенного включения - для сетей свыше 1 кВ.

Трёхфазные электросчётчики косвенного включения подразделяются ещё на две группы в зависимости от того, заданы или не заданы коэффициенты трансформации. В первой группе счётчиков коэффициенты трансформации заданы изначально, поэтому их использование ограничено и узкоспециально. Универсальные трёхфазные счётчики косвенного включения могут иметь разные коэффициенты трансформации и используются практически в любых сетях и АСКУЭ.

Чтобы трёхфазный электросчётчик, работающий автономно или в составе АСКУЭ, был предельно точен и работал без сбоев, важно правильно и грамотно выбрать место, где он будет установлен. Температура в помещении, где будет расположен трёхфазный счётчик, должна быть не выше +40°C. Там должно быть сухо, в меру тепло и чисто. Воздух в месте расположения трёхфазного электросчётчика должен быть очищен от агрессивных примесей.

Если трёхфазный счётчик необходимо установить в помещении, которое не отапливается, счётчик следует утеплить. Сделать это можно при помощи специальных шкафов и колпаков, оснащённых обогревателями. Оптимальная температура для работы трёхфазного электросчётчика составляет 15-25°C. Впрочем, некоторые счётчики разработаны специально для низких температур, поэтому их утепление не требуется.

Устанавливая электросчётчик, следует также учесть надёжность и устойчивость конструкции, к которой он будет прикреплен. Это могут быть деревянные, пластмассовые или металлические щиты. При этом высота расположения трёхфазного электросчётчика не может быть меньше 0,4 метра. Не допускаются вибрации во время работы счётчиков электроэнергии, сдвиги и деформации конструкции. Более того, это должна быть вертикальная плоскость, чтобы трёхфазный электросчётчик не был наклонён в ту или иную сторону.

Использование трёхфазных электросчётчиков и АСКУЭ - отличный способ экономии как для жителей частных домов и

квартир, так и для предприятий. Трёхфазные счётчики позволяют точно определить объём израсходованной электрической энергии, а также использовать льготные тарифы. В этом случае потребитель сможет перенести процессы с наибольшим потреблением энергии, например, на ночное время, когда действуют минимальные тарифы.

Выбор современного трёхфазного электросчётчика, его правильная установка существенно продлит срок службы прибора, избавив вас от необходимости тратить дополнительные средства на постоянную поверку точности показаний трёхфазного счётчика и более частую его замену, что особенно актуально на производстве.

### **Подключение электросчетчиков**

Установка и подключение электро-счетчика не вызывает затруднений. Щиток со счетчиком надо установить на четырех роликах (по углам щитка) в комнате, вблизи того места, откуда проходит электропроводка от общего квартирного счетчика. Присоединять электросчетчик нужно по приводимой ниже схеме.

Учет электроэнергии, потребляемой всеми приборами и лампами, имеющимися в квартире, производится электросчетчиками. По их показаниям и вычисляется оплата за пользование электроэнергией.

Если возникнут сомнения в правильности показаний счетчика, его можно легко проверить.

Для этого надо, прежде всего, отключить от сети все имеющиеся в квартире лампы, приборы, радиоприемники и убедиться в том, что диск счетчика, который виден в смотровом окне, не вращается. Если диск продолжает вращаться, то это означает, что где-то остался не выключенный прибор.

Его надо выключить, иначе счетчик не проверишь.

Счетчики бывают различные. Одни из них учитывают расход электроэнергии в киловатт-часах (квт-ч), другие -- в гектоватт-часах (гвт-ч). На щитке каждого счетчика указано, сколько оборотов диска соответствует расходу одного киловатт-часа и гектоватт-часа электроэнергии.

Например, на щитке счетчика может быть написано: «1 гвт-ч=300 оборотам диска» или «1 квт-ч = 5 000 оборотов диска».

Для проверки счетчика надо знать, какому количеству энергии соответствует один оборот диска. Эта величина обозначается  $C_{сч}$ . Очевидно, что если на счетчике указано. 1 квт-ч = 5 000 оборотов диска, то его  $C_{сч} = 1 / 5000$  кв-ч.

Если же на счетчике указано, что 1 гвт-ч=300 оборотам диска, то у этого счетчика  $C_{сч} = 1 / 300$  гвт-ч.

При проверке такого счетчика величину  $C_{сч}$  надо выразить в киловатт-часах. Так как 1 квт-ч=10 гвт-ч, то  $C_{сч} = 1 : 3000$  квт-ч. Выяснив все эти данные, можно приступить к проверке счетчика.

Лучше всего для проверки воспользоваться электрическими лампочками. Надо включить одну или две лампы общей мощностью 75--100 ватт (вт) и в течение 5 минут (5 : 0,6-- часа ) подсчитать число оборотов диска по красной черте.

Расход энергии лампами определяется по формуле

$$A_1 = 5 : 60 \times P$$

где  $A_1$ --фактический расход электроэнергии в киловатт-часах;  $P$  -- мощность включенных ламп в киловаттах (квт}.

Обычно мощность ламп указывается на их цоколях в ваттах, поэтому ее надо перевести в киловатты, исходя из того, что 1 квт =1000 вт.

Например, 75 вт = 0,075 квт, 25 вт = 0,025 квт.

Расход энергии, показанный счетчиком, определяется так:

$$A_2 = C_{сч} \times N.$$

где  $A_2$ -- расход электроэнергии в киловатт-часах;  $C_{сч}$ --расход электроэнергии в киловатт-часах за время одного оборота диска счетчика;

$N$  -- число оборотов диска за 5 минут.

Если  $A_1 = A_2$ , то счетчик работает правильно. Однако у бытовых счетчиков допустима погрешность, не превышающая 4%. Если разница между вычисленными значениями  $A_1$  и  $A_2$

больше 4%, то показания счетчика можно считать неправильными.

Для учета расхода электроэнергии в каждой квартире устанавливается только один счетчик, находящийся под контролем Энергосбыта. Однако в тех случаях, когда в квартире проживает несколько жильцов и каждый из них пользуется различными бытовыми электроприборами, расчет за пользование элек-



троэнергией вызывает иногда затруднения. Поэтому многие жильцы устанавливают в своих комнатах так называемые контрольные счетчики. Такие счетчики не контролируются организациями Энергосбыта, но служат для учета электроэнергии, расходуемой отдельными жильцами, и обеспечивают правильный расчет между ними. Контрольные счетчики продаются в торговой сети как отдельно, так и смонтированными на щитке вместе с пробочными предохранителями. Счетчики рассчитаны на определенное напряжение (127 или 220 в) и на определенную силу электрического тока (5 или 10 А). При наличии бытовых электроприборов следует приобретать счетчик на 10 А и на то напряжение, которое имеется в квартире. Схема подключения электрического счетчика

Наглядная схема подключения однофазного электрического счетчика в стандартных электрощитах следующая:

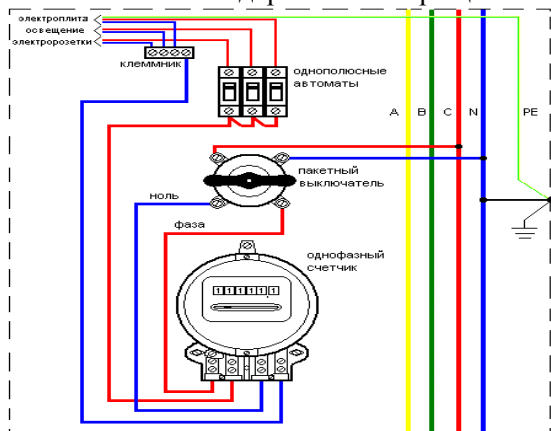


Рис. 32. Схема подключения однофазного электрического счетчика

*Примечание:* фаза "А" обозначена желтым цветом, фаза "В" - зеленым, фаза "С" - красным, нулевой провод "N" - синим цветом, заземляющий проводник "PE" - желто-зеленым. Вместо пакетного выключателя может быть установлен двухполюсный автомат. Схема подключения индукционного счетчика не отличается от схемы подключения электронного.



## Схема соединений электрического счетчика.

Схема однофазного индукционного электрического счетчика:

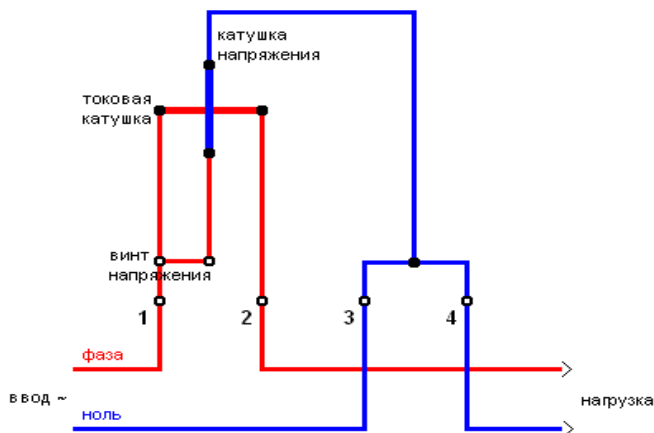


Рис. 34. Схема однофазного индукционного электрического счетчика

*Примечание:* фазный провод и токовая катушка обозначены красным цветом; нулевой провод и катушка напряжения обозначены синим цветом.

*Схема соединений трехфазного индукционного счетчика прямого включения для четырехпроводной сети напряжением 380 вольт:*

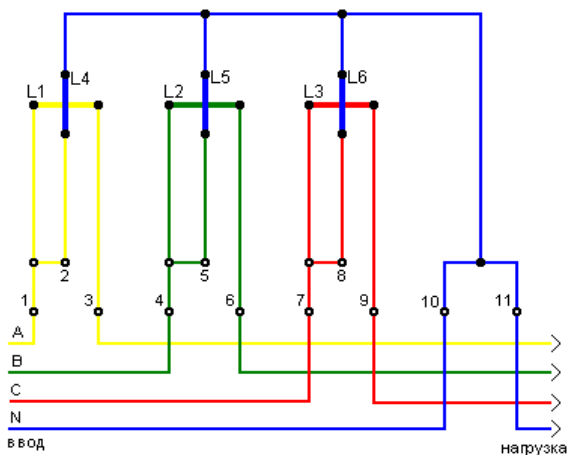


Рис. 35. Схема соединений трехфазного индукционного счетчика

*Примечание:* фаза "А" обозначена желтым цветом, фаза "В" - зеленым, фаза "С" - красным, нулевой провод "N" - синим цветом; L1, L2, L3 - токовые катушки; L4, L5, L6 - катушки напряжения; 2, 5, 8 - винт напряжения; 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11 - клеммы для подключения электропроводки к счетчику.

### **Обслуживание и ремонт электросчетчиков**

Первое, на что следует обратить внимание перед установкой электросчётчика - это срок давности госповерки электросчётчика. Посмотреть дату госповерки можно на пломбе кожуха счётчика (не путайте с пломбой энергопоставляющей организации на клеммной крышке).

Отгиск на пломбе госповерителя расшифровывается так: римские цифры означают квартал, а две арабские цифры на обратной стороне - год госповерки. Будьте внимательны при покупке счётчика, т. к, согласно ПУЭ, максимальный срок давности госповерки на момент установки не должен превышать 1 год для трёхфазного электросчётчика и 2 года - для однофазного, независимо был ли счётчик до этого в работе или нет.

Монтаж электросчётчиков следует производить на высоте 0,8 - 1,7 м от пола, принято ставить их на уровне глаз, что в общем-то понятно: удобно для снятия показаний, обслуживания, замены.

Электросчётчик должен стоять ровно, с максимальным уклоном в сторону не более  $1^\circ$ . Это важно скорее для индукционного (электрохимического) счётчика, на погрешности электронного электросчётчика угол наклона никак не скажется. Но, правила - есть правила, поэтому лучше не экспериментировать и установить электросчётчик ровно, с соблюдением всех норм.

Правилами не оговорены какие-то конкретные, разрешённые конструкции, исполнения и размеры электрощитов, однако, сказано следующее: Конструкции и размеры шкафов, ниш, щитков и т. п. должны обеспечивать удобный доступ к зажимам счетчиков и трансформаторов тока. Кроме того, должна быть обеспечена возможность удобной замены счетчика и установки его с уклоном не более  $1^\circ$ . Конструкция его крепления должна обеспечивать возможность установки и съема счетчика с лицевой стороны.

Допускается крепление счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитках. Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 В должна предусматриваться возможность отключения счетчика установленными до него на расстоянии не более 10 м коммутационным аппаратом или предохранителями. Снятие напряжения должно предусматриваться со всех фаз, присоединяемых к счетчику.

Однако, иногда, энергоснабжающие организации видят автомат, установленный до счётчика как способ хищения электроэнергии, поэтому, лучше заранее поместить его в специальный бокс, имеющий снаружи петельки для пломбирования. Это, наверняка избавит вас от ненужных вопросов представителей энергоснабжающей организации.

### **Техника безопасности при ремонте электросчетчиков**

Прежде чем приступить к обслуживанию, ремонту или монтажу электроустройств, необходимо познакомиться с элементарными приемами безопасности. Несоблюдение их может стать причиной пожара в доме, привести к травмам и даже гибели человека. Смертельным считается ток 100 мА и более.

Степень поражения током зависит и от других факторов: влажности кожи, площади соприкосновения с проводником, частоты тока, напряжения источника тока и т. д.

Поражение током может произойти при обслуживании электроприборов без изучения прилагаемых к ним инструкций по безопасности. Например, ряд приборов должен быть заземлен, что специально отворено инструкцией.

Опасно пользоваться бытовыми электроустройствами, если нарушена их изоляция или изоляция провода, а также при ремонте и монтаже электросети, при эксплуатации электрических приборов во влажных помещениях (ванной) и помещениях с мокрым полом. Находясь в ванной или под душем, не следует касаться руками светильников, проводки, переключателей, выключателей.

При починке мелких неисправностей электрических устройств (включая светильники), нарушении изоляции, ремонте и монтаже электросети следует неукоснительно соблюдать главное правило безопасности -- непременно отключение приборов от электрической сети. При ремонте и монтаже самой электросети, внутренней проводки (до электросчетчика) необходимо вывинчивать предохранители. Все работы, начиная с подсоединения внутренней проводки к электросчетчику и на его выходе и подключении к внешней линии электросети, должен проводить представитель монтажной, наладочной или эксплуатирующей воздушные или кабельные электролинии организации.

Без электросчетчика не обойдется ни один объект, к которому подведено электричество. Чаще всего потребитель даже не представляет себе характеристики и особенности данных приборов учета. Надеемся, что данная информация будет полезной. В данной теме мы разместим фотографии и характеристики распространенных моделей электрических счетчиков.



### **СО-ЭЭ6706.**

Корпус круглый.

Измерение и учет электрической энергии в однофазных сетях переменного тока:

- класс точности: 2.0;
- номинальный-максимальный ток, А: 5-20; 10-40;
- номинальная частота 50 Гц;
- полная и активная мощность потребляемая цепью напряжения 5,5В.А и 1,3 Вт соответственно;
- полная мощность потребляемая цепью тока не более 0,35 В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от -20 до +60;
- межповерочный интервал: 16 лет;
- средний срок службы: не менее 32 лет.



### **СО-ЭЭ6705.**

Корпус прямоугольный.

Измерение и учет электрической энергии в однофазных сетях переменного тока:

- класс точности: 2.0;
- номинальный-максимальный ток, А: 5-20; 10-40;
- номинальная частота 50 Гц;
- полная и активная мощность потребляемая цепью напряжения 5,5В.А и 1,3 Вт соответственно;
- полная мощность потребляемая цепью тока не более 0,35 В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от -20 до +60;
- межповерочный интервал: 16 лет;
- средний срок службы: не менее 32 лет.



### **ЦЭ2726.**

Измерение и учет электрической энергии и мощности по 4 тарифам:

- класс точности: 1.0;
- номинальный-максимальный ток, А: 5-50;
- номинальная частота 50 Гц;
- полная и активная мощность потребляемая цепью напряжения 5,0В.А и 2,0 Вт соответственно;
- полная мощность потребляемая цепью тока не более 0,5 В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от -25 до +55;
- межповерочный интервал: 16 лет;
- средний срок службы: не менее 30 лет;
- телеметрический выход;
- имеется модификация со встроенным электросиловым модемом.



Счетчик обеспечивает коммерческий учет в системах (АСКУЭ).



### **ЦЭ-2705.**

- номинальное напряжение контролируемой сети 220 В;
- диапазон изменения напряжения контролируемой сети (187...242) В;
- номинальный ток нагрузки 5 А;
- максимальный ток нагрузки 50 А;
- минимальный ток нагрузки 0,25 А ;
- кратковременная перегрузка по току 150 А;
- номинальная частота контролируемой сети 50 Гц;
- диапазон изменения частоты контролируемой сети (47,5...52,5) Гц;
- полная мощность, потребляемая цепью тока не более 0,05 ВА;
- активная и полная мощность, потребляемая в цепи напряжения не более 2,5 ВА;
- класс точности в диапазоне нагрузок 1...1000% номин. Тока 1,0; 2,0;
- коэффициент передачи основного передающего устройства 16000 имп/кВт\*ч;
- межповерочный интервал 16 лет;
- средний срок службы 30 лет.



### **СОЛО.**

Измерение и учет электроэнергии в бытовом, мелкомоторном и производственном секторах.

- класс точности: 1.0; 2.0;
- номинальный-максимальный ток, А: 5-60; 10-80; 10-100;
- номинальная частота 50 Гц;
- полная и активная мощность потребляемая цепью напряжения 8,0В.А и 2,0 Вт соответственно;
- полная мощность потребляемая цепью тока не более 0,5 В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от -25 до +55;
- межповерочный интервал: 16 лет;
- средний срок службы: не менее 30 лет;
- телеметрический выход;

Счетчик обеспечивает коммерческий учет в системах.



### **Меркурий-200.**

Измерение и учет электроэнергии в бытовом, мелкомоторном и производственном секторах.

- класс точности: 2.0;
- номинальный-максимальный ток, А: 5-50;
- номинальная частота 50 Гц;
- полная и активная мощность потребляемая цепью напряжения 10В.А и 2,0 Вт соответственно;
- полная мощность потребляемая цепью тока не более 2,5 В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от -20 до +55;
- межповерочный интервал: 8 или 16 лет (см.модификации);
- средний срок службы: не менее 30 лет;
- количество тарифных зон: 1-4;
- многотарифные счетчики имеют последовательный встроенный интерфейс CAN, обеспечивающий обмен информацией с компьютером;
- возможность крепления как традиционным способом, так и на DIN-рейку.



### **СА4-И672М, СА4У-И672М.**

Трехфазные индукционные.

Активной энергии непосредственного и трансформаторного включения.

Измерение и учет активной энергии в трехфазных трех- и четырехпроводных сетях переменного тока:

- класс точности: 2.0;
- номинальная частота 50 Гц;

- полная мощность потребляемая цепью напряжения от 5,0 до 6,0В.А, активная от 1,5 до 2,0Вт (в зависимости от типа счетчика);
- полная мощность потребляемая цепью тока от 0,6 до 1,0В.А, а с максимальным током более 30А не более 2,5В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от 0 до +40;
- межповерочный интервал: 6 лет;
- средний срок службы: не менее 32 лет;
- полный номенклатурный ряд по номинальному-максимальному току, напряжению и схемам подключения.



### **СА4-И678, СА4У-И678.**

Трехфазные индукционные.

Активной энергии непосредственного и трансформаторного включения.

Измерение и учет активной энергии в трехфазных трех- и четырехпроводных сетях переменного тока:

- класс точности: 2.0;
- номинальная частота 50 Гц;
- полная мощность потребляемая цепью напряжения от 5,0 до 6,0В.А, активная от 1,5 до 2,0Вт (в зависимости от типа счетчика);
- полная мощность потребляемая цепью тока от 0,6 до 1,0В.А, а с максимальным током более 30А не более 2,5В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от 0 до +40;
- межповерочный интервал: 6 лет;
- средний срок службы: не менее 32 лет;

- полный номенклатурный ряд по номинальному-максимальному току, напряжению и схемам подключения.



### **СА3-И670М, СА3У-И670М.**

Трехфазные индукционные.

Активной энергии непосредственного и трансформаторного включения.

Измерение и учет активной энергии в трехфазных трех- и четырехпроводных сетях переменного тока:

- класс точности: 2.0;
- номинальная частота 50 Гц;
- полная мощность потребляемая цепью напряжения от 5,0 до 6,0В.А, активная от 1,5 до 2,0Вт (в зависимости от типа счетчика);
- полная мощность потребляемая цепью тока от 0,6 до 1,0В.А, а с максимальным током более 30А не более 2,5В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от 0 до +40;
- межповерочный интервал: 6 лет;
- средний срок службы: не менее 32 лет;
- полный номенклатурный ряд по номинальному-максимальному току, напряжению и схемам подключения.



### **СР4-И673М, СР4У-И673М.**

Реактивной энергии непосредственного и трансформаторного включения.

Измерение и учет реактивной энергии в трехфазных трех- и четырехпроводных сетях переменного тока:

- класс точности: 2.0 (для счетчиков непосредственного включения 3.0);
- номинальная частота 50 Гц;
- полная мощность потребляемая цепью напряжения от 5,0 до 6,0В.А, активная от 1,5 до 2,0Вт (в зависимости от типа счетчика);
- полная мощность потребляемая цепью тока от 0,6 до 1,0В.А, а с максимальным током более 30А не более 2,5В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от 0 до +40;
- межповерочный интервал: 6 лет;
- средний срок службы: не менее 32 лет;
- полный номенклатурный ряд по номинальному-максимальному току, напряжению и схемам подключения.

### **ЦЭ2727.**

Трехфазные электронные активной энергии непосредственного и трансформаторного включения.

Измерение и учет активной энергии в трехфазных трех- и четырехпроводных сетях переменного тока по 8 тарифам в 8 временных зонах:

- класс точности: 1.0;
- номинальное напряжение, В: 3 x 57,7; 3 x 100; 3 x 380; 3 x 220/380;
- номинальный-максимальный ток, А: 1-2; 5-10; 5-50; 10-100;
- номинальная частота 50 Гц;
- полная и активная мощность потребляемая цепью напряжения 5,0В.А и 2,0 Вт соответственно;
- полная мощность потребляемая цепью тока не более 0,2 В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от -25 до +55;
- межповерочный интервал 8 лет;
- средний срок службы не менее 30 лет;
- интерфейс: RS232; RS485; телеметрический канал;
- межповерочный интервал 8 лет;

Наличие модификации со встроенным электросиловым модемом позволяет использовать счетчик в системе (АСКУЭ) с передачей данных по силовой сети 0,4 Кв.



### **Ф669.**

Трехфазные многофункциональные активно-реактивные. Измерение активной и реактивной энергии и мощности в двух направлениях по 4 тарифам в 5 временных зонах:

- класс точности: 0.5S; 1.0;

- номинальное напряжение в зависимости от схемы подключения;
- номинальный-максимальный ток, А: 1-1,25; 5-6,25;
- номинальная частота 50 Гц;
- полная и активная мощность потребляемая цепью напряжения 4,0В.А и 2,0 Вт соответственно;
- полная мощность потребляемая цепью тока не более 0,3 В.А;
- диапазон рабочих температур, 0С: от -20 до +55;
- межповерочный интервал 8 лет;
- средний срок службы не менее 20 лет;
- интерфейсы: типа "токовая петля", телеметрический выход, оптопорт, RS232; RS485;

Счетчик по своим функциональным возможностям не уступает лучшим зарубежным образцам.



### **Меркурий 230.**

Трехфазные электронные многофункциональные активной и активно-реактивной энергии.

Измерение и учет активной и активно-реактивной энергии в прямом направлении в трехфазных сетях переменного тока номинальной частотой 50Гц:

- класс точности активной энергии: 0,5; 1,0;
- активно-реактивной энергии: 0,5(1,0); 1,0(2,0);
- номинальный-максимальный ток, А; 5-50; 10-100; 5-7,5;
- полная и активная мощность потребляемая цепью напряжения 7,5В.А и 0,5Вт соответственно
- полная мощность потребляемая цепью тока 0,1В.А;
- количество тарифных зон: 1- 4;



- диапазон рабочих температур С: от-20 до +55;
- межповерочный интервал - 8 лет;
- средний срок службы не менее 30 лет;
- счетчики имеют последовательный интерфейс CAN, обеспечивающий обмен информацией с компьютером;
- счетчики могут использоваться, как автономно, так и в системах АСКУЭ.



### **СО-505.**

Назначение: Счетчик электроэнергии однофазный СО-505 предназначен для учета активной электроэнергии в быту, общественных и производственных помещениях.

Принцип действия: Принцип действия электросчетчика СО-505 основан на использовании индукционной измерительной системы.

Варианты исполнения: Электросчетчик СО-505 имеет вариант исполнения СО-505Т с телеметрическим выходом. Считывающее телеметрическое устройство позволяет использовать счетчик в автоматизированной системе контроля и учета электроэнергии .

Варианты исполнения кожуха, наличие стопора обратного хода определяются заказчиком.



### **СОЭ-5.**

Назначение: Электросчетчики СОЭ-5 предназначены для измерения активной электрической энергии в двухпроводных цепях переменного тока напряжением 220В, частотой 50Гц.

Выпускаются в трех исполнениях: однотарифные, двухтарифные с внешним переключателем тарифа и много тарифные с внутренним тарификатором для работы в автоматизированных системах контроля и учета энергопотребления.

Счетчики с внутренним тарификатором имеют цифровой интерфейс RS-232 или RS-485. С помощью цифрового интерфейса производится установка времени действия тарифов, корректировка точности часов, считывание данных. Для хранения информации в счетчиках предусмотрена энергонезависимая память EEPROM. В регистрах памяти хранятся данные по каждому тарифу.

Счетчики имеют телеметрический выход гальванически изолированный от других цепей.



### **СОЭ-52.**

Электросчётчики СОЭ-52 предназначены для учёта потребления электроэнергии в двухпроводных цепях электрического тока в закрытых помещениях. Могут эксплуатироваться автономно и в составе автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ) с использованием импульсного выхода.

Счётчики соответствуют ГОСТ 30207-94 (МЭК 1036-90) и зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений №17301-02.

Сертификат №РОСС RU.ME65.B00556

Достоинства:

- Наличие светодиодного индикатора работы счётчика.
- Использование SMD-монтажа
- Наличие телеметрического выхода



### **СА4У-510, СА4-514, СА4-518.**

**Трёхфазные индукционные счетчики электроэнергии**

Назначение: Предназначены для учета активной электроэнергии в трехфазных четырехпроводных сетях переменного тока на промышленных предприятиях и у бытовых потребителей.

Варианты исполнения: СА4У-510Т, СА4-514Т, СА4-518Т имеют встроенный фотоэлектронный адаптер с телеметрическим выходом для работы в автоматизированных системах контроля и учета энергопотребления.

По требованию заказчика на счетчиках устанавливается стопор обратного хода, не допускающий хищения электроэнергии.

Электросчетчики изготовлены из негорючих материалов

<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.</b>			
	СА4У-510	СА4-514	СА4-518
Класс точности	2,0	2,0	2,0
Способ включения	трансформаторный	прямой	прямой
Номинальное напряжение, В	3х220/380	3х220/380	3х220/380
Частота сети, Гц	50	50	50
Номинальный ток, А	3х5	3х10	3х20 (3х10)
Максимальный ток, А	А 3х6,25	3х40	3х80
Максимальный ток, %I ном	125	400	400 (800)
Порог чувствительности, А	0,025	0,05	0,1 (0,05)
Передаточное число, об/кВтч	600	125	60
Количество импульсов телеметрического выхода, для исполнения "Т" имп/кВтч	600	125	60

### **Вопросы для повторения:**

1. Устройство однофазного счетчика?
2. Назначение и устройство трехфазного счетчика?
3. Схемы включения однофазного счетчика?
4. Схемы включения трехфазного счетчика?

## 1.8 Монтаж и ремонт аппаратов защиты

План занятий:

1. Монтаж автоматических выключателей.
2. Коммутационно-защитные аппараты.
3. Ремонт пускорегулирующей аппаратуры до 1000 вольт.

Согласно требований правил электробезопасности, автоматические выключатели (автоматы), как и другая электрика в квартире устанавливаются в помещениях, которые должны быть надежно защищены от дождя, снега и других внешних воздействий. Установка автомата – достаточно сложный процесс и работы по его монтажу должны проводиться специалистом – электриком с соблюдением технологии монтажа. Автоматические выключатели устанавливаются в специальный электрощит, при этом их закрепляют на DIN-рейку. ДИН-рейка – это изделие для закрепления различного электрооборудования, получила широкое распространение за универсальность и удобство в эксплуатации. Выключатели закрепляются на рейке обязательно вертикально, с расположением «выкл» в верхней части. Перед монтажом необходимо произвести тщательный осмотр автомата на предмет возможных повреждений корпуса. Рекомендуется, также, несколько раз пощелкать выключателем, проверить, работу механизма «вкл-выкл». Сразу же перед установкой нужно проверить маркировку автомата, сравнить ее с параметрами подключаемой электрической сети. Непосредственно к сети подсоединяется с помощью медной проволоки или шин. Подвод напряжения к устройству осуществляется только с верхней стороны. В отдельных случаях допускается подводка напряжения снизу при условии соблюдения дополнительных мер электробезопасности. В соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок автоматы подсоединяются к сети так, чтобы винтовая гильза была без напряжения при выкрученной пробке. При использовании одностороннего питания, токоподводящий проводник подсоединяется к неподвижным контактам выключателя. Эксплуатация автоматических выключателей Длительность срока службы зависит не только от правильно вы-

полненного монтажа, но и от его грамотной эксплуатации в дальнейшем. Для этого нужно просто соблюдать несложные правила эксплуатации. Современные автоматические выключатели, в большинстве своем, могут нормально работать при диапазоне рабочих температур в пределах от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Отдельные модификации автоматов имеют еще более широкий диапазон температур. Очень важно при эксплуатации соблюдать необходимую влажность воздуха в том помещении, где находится автомат. При средней температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  влажность воздуха равна примерно 90%. В случае значительного повышения температуры, например, до  $+40^{\circ}\text{C}$  – влажность воздуха должна быть не более 50%. Регулярное техническое обслуживание проводится с определенной периодичностью и не зависит от условий их эксплуатации. Оно включает в себя определенный комплекс профилактических работ, проводимых с целью обеспечения нормальной работоспособности устройства. Основные действия при этом – очистка от пыли и грязи, смазывание отдельных элементов, устранение возникших в процессе эксплуатации повреждений. Установку и последующее обслуживание нужно обязательно проводить используя услуги электрика – специалиста в области электротехники.

В настоящее время распределительные устройства поставляются электропромышленностью в комплектном полностью собранном виде с законченным монтажом всех входящих в них аппаратов, и монтаж их сводится лишь к установке в монтажной зоне в проектное положение. Электромонтажные организации не выполняют монтаж отдельных аппаратов и приборов, и поэтому в данной книге не приводится описание их монтажа. В случае необходимости монтажа отдельных аппаратов, описание которых приводится ниже, следует руководствоваться технической документацией предприятий-изготовителей, а также справочниками по монтажу электроустановок [19, 20].

Остановимся кратко на основных направлениях развития низковольтного аппаратостроения.

При разработке третьего поколения низковольтных аппаратов управления (НАУ) решались и решаются задачи повышения эксплуатационной надежности при сокращении материальных, трудовых и энергетических затрат на их разработку и про-

изводство Решение электропромышленностью этих задач велось по двум направлениям 1) совершенствование контактной аппаратуры за счет применения материалов с улучшенными физико-техническими свойствами и более совершенных комплектующих изделий, создание аппаратов с новыми качествами, 2) создание аппаратов новой конструкции, использование полупроводниковых устройств, гашения дуги в инертном газе или в вакууме, с герметизированными силовыми контактными устройствами [25] Низковольтные аппараты выполняют функции включения, переключения и отключения электрической цепи (коммутационные аппараты), автоматического отключения электрической цепи при КЗ и недопустимых токовых перегрузках, а также при недопустимых кратковременных снижениях напряжения или исчезновениях напряжения (коммутационно-защитные аппараты).

Ниже приводится описание некоторых аппаратов нового, третьего поколения, получающих все более широкое распространение.

Пояснения по выбору аппаратов для применения в низковольтных комплектных устройствах управления электроприводами (НКУ).

### **Коммутационные аппараты**

Контакторы с бездуговой коммутацией (гибридные) Модификацией контакторов серии КТ600, КТП6000 и КТ7000 являются контакторы переменного тока 380 и 660 В на 100, 160 и 250 А гибридного исполнения с бездуговой коммутацией серии КТ60 и КТП60, в которых сочетаются контактные и полупроводниковые элементы (рис. 36).

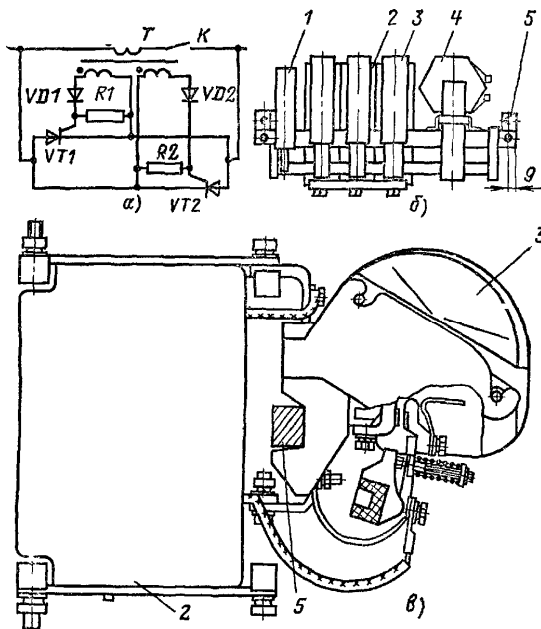


Рис. 36. Контактры электромагнитные переменного тока серии КТСО и КТП60 (гибридные) с бездуговой коммутацией а — упрощенная принципиальная схема, б — конструкция контактора (вид спереди), в — то же вид сбоку, К — главный контакт, VT1 и VT2 — тиристоры, Т — трансформатор тока, VD1 и VD2 — диоды, 1 — вспомогательные контакты, 2 — полупроводниковые блоки, 3 — полюсы контактора с дугогасительными камерами, 4 — электромагнитный привод, 5 — рейка.

Параллельно главным контактам К включены встречно параллельно тиристоры VT1 и VT2. Управление тиристорами осуществляется от трансформатора тока Т, первичной обмоткой которого является шина контактора. Вторичные обмотки трансформатора Т подключены через диоды VD1 и VD2 к управляющим цепям тиристоров. Когда контактор включен, ток проходит только по контактам К, так как падение напряжения на них очень мало и значительно ниже порогового напряжения вольт-амперной характеристики тиристоров. При отключении контактов К ток проходит в цепь тиристоров, находящихся во вклю-



ченном состоянии, под действием сигналов управления, поступающих от трансформатора тока Т При этом дуга на контактах К не образуется, так как падение напряжения на тиристорах не превышает 4—5 В, т. е. оно ниже напряжения, необходимого для зажигания электрической дуги При изменении направления тока сигналы управления снимаются и ток в цепи тиристорov прекращается при первом переходе его через нулевое значение, т е в течение не более полупериода.

Гибридные контакторы сочетают преимущества контактных аппаратов (малые габариты, потребляемая мощность и повышенная нагрузочная способность) и бесконтактных (высокая износостойкость, надежность, простота обслуживания).

Электрическая износостойкость контакторов -г- 5 млн. циклов. Контактory выдерживают сквозной ток КЗ 20 кА. Контактory типа КТ имеют катушку электромагнита переменного тока, а КТП — постоянного.

Контактory с бездуговой коммутацией выпускаются также серии МК2 на 380 и 660 В на ток 63 А.

Вакуумные контакторы серий КМ 13 и КТ 12Р. В связи с тем что электрическая прочность промежутка между контактами в вакууме значительно выше, чем в воздухе, гашение дуги проходит быстрее, а следовательно, коммутационная износостойкость контактов выше. Вакуум в дугогасительных камерах — не выше 13,3 мПа. Преимущества по сравнению с воздушными контакторами: быстрое восстановление электрической прочности межконтактного промежутка, отсутствие взаимодействия дуги с окружающей средой, быстрое действие, высокая механическая и коммутационная износостойкость, исключение необходимости применения серебра для силовых контактов, стабильность переходного сопротивления, минимальный уход и обслуживание. Вакуумные камеры серии КДВ-12 рассчитаны на номинальные токи 400 и 630 А при напряжении 1140 В. Вакуумные контакторы КМВ с управлением на постоянном и переменном токе предназначены для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором и другими приемниками электроэнергии, в основном с тяжелым режимом работы электроприводов в сетях переменного тока 380, 660 и до 1000 В, частотой 50 и 60 Гц, номинальный ток главной цепи 250, 400 и 630

А. Коммутационная износостойкость для категорий применения АС-3 2,2 млн. (КМ13-35) и 1,5 млн (КМ13-37 и КМ13-39) циклов включений и отключений (ВО), для категории применения АС-4 — соответственно 1,2 и 0,8 млн. циклов ВО. Частота включений в час 1200. Предельная коммутационная способность при 660 В 10/ном при включении и в 8/НОм при отключении (Люм — номинальный ток), механическая износостойкость 5 млн. циклов ВО.

Вакуумные контакторы серии КТ12Р (или КТ12Р37) по конструкции и назначению аналогичны контакторам КМ13, но могут быть встроены в оболочки взрывозащищенных и рудничных взрывобезопасных аппаратов. Удовлетворяют повышенным требованиям безопасности в условиях угольных шахт. Номинальный ток 400 А, напряжение 660 и 1140 В. Предельная коммутационная способность (действующее значение тока КЗ) 4,8 кА при 660 В и 3,45 кА при 1140 В. Коммутационная износостойкость для категорий применения АС-3 и АС-4 — соответственно 2 и 0,5 млн. циклов ВО.

Герсиконовые контакторы КМГ-13 и КМГ-14 предназначены в основном для коммутации цепей переменного тока, управления асинхронными двигателями мощностью до 3 кВт и малоамперными элементами слаботочной автоматики. Малая потребляемая мощность (4 Вт) и высокая предельная мощность коммутации (более 20 кВ·А) позволяют использовать их как связующее звено между слабыми выходными сигналами от логических схем и мощными контакторами (до 630 А).

Контакторы оснащены герсиконами КМГ-12 (магнитоуправляемыми герметичными контактами) — коммутационными аппаратами принципиально нового вида, повышенной надежности контактирования и повышенной коммутационной износостойкости, с контактами, размещенными в герметичном керамическом корпусе, заполненном защитным газом. Контакты выполнены из тугоплавкого материала (вместо серебра). Герсиконы не требуют ухода и обслуживания, бесшумны, их подвижные элементы практически не изнашиваются. Коммутационная и механическая износостойкость 50 млн. циклов ВО. Габаритные размеры 23х42,5х83,5 мм, масса 0,11 кг, номинальный ток 6,3 А при напряжении 380—400 В.

Герсиконы КМГ-12 являются основным комплектующим изделием для герсиконовых контакторов КМГ-13 и КМГ-14, в которых выполняют роль главных контактов, но могут применяться и самостоятельно в различных силовых схемах.

### **Коммутационно-защитные аппараты**

Все более широкое применение автоматизации приводит к постепенному сужению области применения простейших коммутационных аппаратов, приводимых в действие от руки, к замене их коммутационными аппаратами, производящими включение и отключение цепей автоматики по заданной программе или в соответствии с заданным режимом работы установки. Такое управление осуществляется с помощью датчиков. Датчик воспринимает изменение режима технологического процесса, преобразует его в соответствующее изменение тока в управляющей цепи, воздействуя тем самым на приборы управления, которые в свою очередь включают или отключают коммутационный или коммутационно-защитный аппарат.

Автоматические выключатели служат для автоматического размыкания электрических цепей при перегрузках и КЗ, при недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастого включения цепей вручную. Механизм, который отключает автоматический выключатель, называется расцепителем. Типы расцепителей: электромагнитный максимального тока (максимальный), тепловой, комбинированный, имеющий и электромагнитный, и тепловой элементы, независимый дистанционный, минимального напряжения. Максимальный расцепитель при достижении током определенного значения оттягивает защелку, и под действием пружины автоматический выключатель разрывает цепь тока.

Расцепитель минимального напряжения при понижении напряжения в сети ниже нормы поворачивает защелку, и под действием пружины нож автоматического выключателя разрывает цепь тока. Дистанционный независимый расцепитель служит для дистанционного отключения автоматического выключателя.

Автоматические выключатели АЕ2000, А3100, А3700, АВ, АСТ, «Электрон». Установочные автоматические выключатели АЕ2000, А3700 осуществляют комбинированную защиту электроустановок: тепловую — защиту от перегрузок и электромаг-

нитную максимальную — защиту от КЗ. Автоматические выключатели АЕ2000 заменили автоматические выключатели АП50, АК63, А63, АК50, АСТ, АЗ 161, АЗ163, АЗ110, АЗ120. Их применяют в электрических цепях переменного тока до 660 В и постоянного тока до 220 В. Они предназначены для защиты от перегрузок и токов КЗ, для включения и выключения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, а также для оперативного включения и отключения цепей с частотой до 30 включений в час.

Автоматические выключатели АЕ2000 выпускают: АЕ2030 — до 25 А, 660 В; АЕ2040 — до 63 А, 660 В; АЕ2050 — до 100 А, 660 В.

Автоматические выключатели серии АЗ700 заменили автоматические выключатели АЗ100, АЗ300, АЗ300М, АЗ500, АЗ600 и А4100. Они предназначены для защиты электроустановок от перегрузок, КЗ и недопустимых снижений напряжения, а также для оперативного включения и выключения цепей 220 В постоянного и 660 В переменного тока.

Автоматические выключатели допускают нечастые пуски асинхронных электродвигателей, их выпускают на 160, 250, 400 и 630 А в двухполюсном и трехполюсном исполнениях.

Автоматические выключатели серии АВ выпускают на 1000, 1500 и 2000 А и применяют в цепях постоянного тока до 460 В и переменного тока 500 В.

Автоматические выключатели «Электрон» выпускают на 630, 1000, 1600, 2500 и 4000 А и 660 В переменного и 440 В постоянного тока.

Автоматические выключатели серий ВА50 и ВА75 (ГОСТ 9098—78\*Е) на номинальные токи от 25 до 400 А предназначены для замены выключателей серий АЕ2000, АЗ700 и «Электрон». Эти аппараты имеют лучшие технические характеристики, меньшие габариты и массу. Так, например, масса выключателей ВА50 снижена в среднем в 2,4, а габариты — в 3,3 раза. Масса ВА75 уменьшена в 1,8 раза. Выключатели ВА50 имеют пластмассовый корпус, а ВА75 выпускаются в открытом исполнении. Автоматические выключатели ВА51—ВА56 предназначены для распределения энергии в цепях переменного до 660 В и постоянного до 440 В тока от 25 до 1600 А, отключения цепей

при КЗ и перегрузках, при недопустимых снижениях напряжения, для нечастых оперативных включений и отключений электродвигателей и для их защиты. Выключатели выпускаются не селективными, с тепловыми расцепителями максимального тока и без них, могут быть снабжены независимыми расцепителями, максимальным и нулевым расцепителями напряжения, свободными вспомогательными контактами, контактами сигнализации автоматического отключения и механической блокировкой положения выключателя «Включено» или «Отключено». Модульная конструкция выключателей позволяет сократить монтажные площади и размеры РУ. Автоматические выключатели серии ВА50 имеют следующие модификации: средней коммутационной способности: от ВА51-25 на 25 А до ВА51-39 на 630 А; повышенной коммутационной способности: от ВА52-31 на 100 А до ВА57-39 на 630 А; токоограничивающие: от ВА53-37 на 400 А до ВА53-43 на 1600 А; селективные: от ВА55-37 на 400 А до ВА55-43 на 1600 А; без максимальных расцепителей: от ВА56-37 на 400 А до ВА56-43 на 1600 А. Выключатели ВА75 выпускаются на 2500—4000 А.

Быстродействующие автоматические выключатели ВА47-38 и ВА47-43 предназначены для защиты силовых полупроводниковых приборов в преобразователях напряжением до 660 В переменного тока (50—60 Гц) и до 600 В постоянного тока. Благодаря применению быстродействующего индукционно-механического привода и эффективной дугогасительной камеры с магнитным дутьем полный интервал отключения токов КЗ сокращен в 8—10 раз по сравнению с выключателями ведущих зарубежных фирм. Собственное время отключения токов КЗ ВА47 — менее 0,5—1 мс. Это позволяет значительно уменьшить габариты преобразователей.

Магнитные пускатели изготавливают как неререверсивные, так и реверсивные. Пускатели ПМЕ предназначены для пуска двигателей малой мощности. Их применяют в цепях: 127 В — для электродвигателей от 1,1 до 3 кВт; 220 В — от до 5,5 кВт; 380 В — от 4 до 10 кВт; 500 В — 10 кВт; 660 В — 7 кВт. Пускатели ПМЕ заменены с середины 80-х годов на пускатели серии ПМЕ-М. Пускатели ПА и ПАЕ предназначены для двигателей

средней мощности: при 127 В — от 4,5 до 7,5 кВт; при 220 В — от 10 до 40 кВт; при 380 и 500 В — от 17 до 75 кВт.

В обозначении типа пускателя цифры указывают: первая — величину пускателя; вторая — исполнение (1 — открытое, 2 — защищенное, 3 — пылеводонепроницаемое); третья — реверсивный или нереверсивный, с тепловым реле или без него (1 — нереверсивный без реле, 2 — нереверсивный с реле, 3 — реверсивный без реле, 4 — реверсивный с реле), например: ПМЕ-111 — пускатель магнитный первой величины открытого исполнения, нереверсивный без теплового реле; ПА-423 — пускатель магнитный четвертой величины защищенного исполнения, реверсивный без теплового реле; ПА-312 — пускатель магнитный третьей величины, открытого исполнения, нереверсивный с тепловым реле.

Магнитные пускатели ПАЕ с начала 80-х годов заменены пускателями серии ПМА.

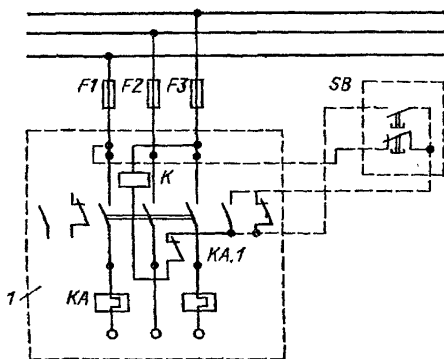


Рис. 37. Схема пускателя магнитного нереверсивного: 1 — магнитный пускатель; КА — тепловые реле; SB — кнопка управления; FZ — F3 — предохранители; К — катушка пускателя; КА 1 — биметаллический контакт теплового реле

Магнитные пускатели серий ПМЛ и ПМА (рис. 37) на токи от 6,3 до 160 А, напряжение до 660 В, предназначены для управления асинхронными двигателями мощностью до 90 кВт. Наличие трехполюсных электро- и тепловых реле позволяет осуществить защиту двигателей от перегрузок недопустимой

продолжительности, в том числе от режима работы на двух фазах. Выпускаются в открытом и защищенном исполнениях, реверсивные и нереверсивные, с переключением схемы соединения со звезды на треугольник. Коммутационная износостойкость для категории применения АС-3 — 2—3 млн. циклов ВО. Механическая износостойкость 10—16 млн. циклов ВО.

Тиристорные пускатели (рис. 38) предназначены для управления трехфазными электродвигателями на передвижных и стационарных установках. Пускатель устанавливается в вертикальном положении, но он допускает при установке отклонение от вертикали в любую сторону до 45°. Пускатель допускает как продолжительный, так и повторно-кратковременный режим работы с ПВ — 60 % при частоте включений до 600 в час. Он имеет тепловую защиту от перегрузок и максимальную токовую защиту с регулируемым порогом срабатывания. Управление пускателем кнопочное, как с фиксацией, так и без фиксации команды. Управление может осуществляться и от бесконтактных логических элементов.

Силовая часть пускателя состоит из тириستоров, включенных встречно-параллельно по два на каждую фазу.

Быстродействующие предохранители ПП60М (ГОСТ 17242—86Е) предназначены для защиты мощных тиристорных преобразовательных агрегатов для металлургического электропривода, электротранспорта и преобразовательных установок других типов. Их номинальный ток 630 А при напряжении 380 и 660 В переменного тока частотой 50—60 Гц, 250 и 500 В постоянного тока (при постоянной времени не менее 35 мс).

Они могут эксплуатироваться также и при пониженной или повышенной до 400 Гц частоте. Отключающая способность 200 кА (эффektivная). Предохранители изготовлены без применения серебра в конструкции плавкого элемента, обладают высокой циклической стойкостью при технологических перегрузках (при 100 %-ной загрузке) и большой токоограничивающей способностью.

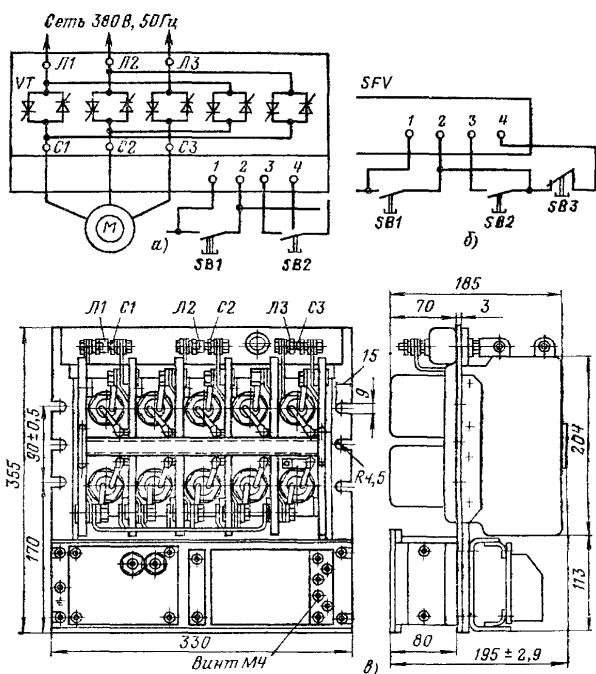


Рис. 38. Тиристорный пускатель: с — схема внешних соединений с управлением без фиксации команды, б — то же с фиксацией команды, в — внешний вид, SFV — пускатель тиристорный, VT — тиристоры М — электродвигатель SB1, SB2, SB3 — кнопки управления «Пуск вперед», «Пуск назад» и «Отключено» соответственно, Л1, Л2, Л3, С1, С2, С3 — зажимы силовые, 1—4 — зажимы цепей дистанционного управления

Жидкометаллические самовосстанавливающиеся предохранители в ближайший период должны получить применение в качестве ограничителей тока при последовательном включении с автоматическими выключателями.

Принцип работы жидкометаллических самовосстанавливающихся предохранителей (ЖСП) основан на испарении жидкого металла в капиллярном отверстии диэлектрической втулки при протекании аварийного тока. Образующаяся паровая пробка обладает высоким сопротивлением, ограничивающим электри-



ческий ток. Через несколько миллисекунд жидкий металл остывает и конденсируется, восстанавливая электрическую цепь. Основным преимуществом ЖСП является высокое быстродействие и способность многократно восстанавливаться, что позволяет осуществлять циклы АПВ. К недостаткам ЖСП относится нестабильность их защитной характеристики и сложность согласования селективности их действия с другими защитными устройствами, а также с перегрузочной способностью защищаемых электроустановок. В связи с этими недостатками ЖСП имеют за рубежом ограниченное применение. Проведенные в нашей стране исследования позволили найти решение, обеспечивающее стабильность защитной характеристики без снижения сопротивления шунтирующего резистора и токоограничивающих свойств ЖСП. Это открывает возможность использования ЖСП не только в качестве ограничителей тока для повышения отключающей способности выключающих аппаратов, но и для защиты от перегрузок и КЗ.

#### **Повреждения пусковой регулирующей аппаратуры**

В пусковой и регулирующей аппаратуре чаще всего встречаются следующие виды повреждений: чрезмерный нагрев катушек пускателей, контакторов и автоматов, межвитковые замыкания и замыкания на корпус катушек, чрезмерный нагрев контактов, большой их из-нос, неудовлетворительная изоляция, механические неполадки.

Перегрев катушек переменного тока происходит вследствие заклинивания якоря электромагнита в его разомкнутом положении и низкого напряжения питания катушек. В разомкнутом положении якоря катушка пускателя потребляет значительно больший ток, чем при втянутом якоре, поэтому она быстро перегревается и сгорает.

Межвитковые замыкания происходят из-за плохой намотки катушки. Особенно это сказывается, если витки, прилегающие к фланцам каркаса катушки, соскальзывают в нижние слои, вследствие чего возникают относительно большие разности напряжений, повреждающие межвитковую изоляцию.

Межвитковые замыкания происходят главным образом в катушке переменного тока, так как в ней межвитковые амплитудные напряжения больше, чем в катушке постоянного тока. К

тому же катушки переменного тока подвержены усиленным сотрясениям от вибрирующего стального сердечника.

Замыкание на корпус происходит в случае неплотной посадки бескаркасной катушки на стальном сердечьяке. Возникающие в магнитной системе вибрации приводят к перетиранию изоляции катушки и ее отводов, вследствие чего происходит замыкание на заземленный стальной корпус аппарата.

На нагрев контактов влияют токовая нагрузка, давление на них, размеры и раствор контактов, а также условия охлаждения и окисления их поверхности, механические дефекты в контактной системе. При сильном нагреве контактов повышается температура соседних частей аппарата и, как следствие, разрушается изоляционный материал.

При неблагоприятных условиях гашения электрической дуги контакты окисляются. На соприкасающихся поверхностях контактов образуется плохо проводящий слой. Этому способствует неправильно подобранная смазка (содержащая окисляющие жиры) или обильное нанесение смазки.

Применяемые в наружных установках для смазки контактов консистентные жиры не должны содержать известкового (кальциевого) мыла, так как на холодотельная часть неисправностей вызывается увлажнением изоляции и ее разрушением во время строительно-монтажных работ и транспортировки.

Механические неполадки в аппаратах возникают вследствие образования коррозии, поломок осей, пружин, подшипников и других конструктивных элементов. Износ деталей и усталостные явления вызываются плохой смазкой подвижных частей, скапливанием влаги, применением в конструкциях, работающих на удар, очень хрупких или очень мягких материалов.

### **Ремонт пусковой и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В**

Текущий ремонт рубильников и переключателей.

При ремонте рубильников и переключателей выполняют следующее:

а) тщательно очищают напильником контактные поверхности ножей и губок от грязи, копоти и частиц оплавленного металла. При этом стараются снять минимальное количество металла, чтобы не уменьшить сечение контактных частей ножей

и губок. При сильном оплавлении ножей или губок их заменяют новыми соответствующих профилей и размеров;

б) подтягивают все крепежные детали, обращая внимание на шарнирные соединения, являющиеся частью цепи, по которой проходит электрический ток;

в) проверяют состояние пружин ножей и пружинящих скоб контактных губок. Ослабленные пружины, не создающие в контактах требуемого давления, заменяют новыми;

г) регулируют плотность вхождения ножей в губки. Ножи должны входить в губки без ударов и перекосов, но с некоторым усилием. Контактная поверхность губки должна плотно прилегать к соответствующей поверхности ножа. Щуп толщиной 0,05 мм не должен входить в пространство между губкой и ножом на глубину более 6 мм;

д) регулируют глубину вхождения ножей в губки. У рубильника с рычажным приводом ножи при полностью включенном положении не должны доходить до Контактной площадки губок на 2—4 мм. В то же время Ножи всей своей контактной частью должны войти в губки. Глубину вхождения ножей в губки рубильников с рычажным приводом регулируют увеличением или сокращением длины тяги от рукоятки к рубильнику. При регулировании добиваются одновременного входа и выхода всех ножей из губок. Разновременность выхода ножей из контактных губок не должна превышать 3 мм;

е) проверяют прочность соединения рубильника с рычагом тяги;

ж) проверяют состояние пружин искрогасительных контактов; слабые пружины заменяют новыми.

Качество ремонта и регулирования рубильников и переключателей проверяют 10—15-кратным включением и отключением.

### **Текущий ремонт пакетных выключателей и пусковых ящиков**

При ремонте пакетных выключателей обгоревшие контакты и ослабленные пружины заменяют новыми. После длительной работы и частых отключений выключателем больших токов сильно изнашиваются (выгорают) его искрогасительные

шайбы. При ремонте такие шайбы следует заменить во избежание резкого ухудшения гашения.

При сборке отремонтированного выключателя особое внимание обращают на правильность взаимного расположения подвижных и неподвижных контактов и плотность блока его пакетов. Пружина должна быть насажена на четырехгранную часть оси так, чтобы при повороте рукоятки она натягивалась, а затем с большой скоростью замыкала или размыкала контакты. Отремонтированный и полностью собранный пакетный выключатель проверяют не менее чем 10-кратным включением и отключением.

В объем работ по текущему ремонту пусковых ящиков ЯПР и ЯБПВ входит следующее:

а) осмотр контактных деталей и устранение имеющихся повреждений (обгорание, оплавление и др.);

б) проверка состояния привода и четкости его работы. Привод при включении должен полностью и без перекосов вводить ножи рубильника в контактные губки, а при отключении выводить ножи из них и создавать между ножами и губками разрыв не менее 30 мм по кратчайшему расстоянию;

в) устранение люфтов, ослабленных креплений подвижных деталей, повреждений изоляционных частей и т. п. Практика эксплуатации и ремонта пусковых ящиков показывает, что в них наиболее часто повреждаются детали, изолирующие траверсу от частей, находящихся под напряжением. Поврежденную изоляцию восстанавливают, используя изоляционные материалы, равноценные заменяемым;

г) перезарядка предохранителей и замена плавких вставок.

При проверке состояния изоляции между токоведущими и заземленными частями используют мегомметр на 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не ниже 10 МОм.

### **Текущий ремонт кнопок управления и предохранителей**

При ремонте кнопки управления очищают поверхности контактов и мостика от пленок окислов, проверяют состояние пружин и затяжку винтов. Ослабленные пружины заменяют новыми заводского изготовления. При сборке отремонтированной кнопки управления обращают внимание на правильность взаим-

ного расположения внутренних деталей и ее контактных поверхностей, а также на отсутствие заеданий при движении стержня и кнопки в корпусе.

При ремонте предохранителя зачищают контактные поверхности патрона и губок от копоти и частиц металла. У фибровых патронов проверяют толщину стенок и отсутствие трещин, так как при частых срабатываниях предохранителя стенки патрона выгорают, а прочность патрона снижается.

При перезарядке предохранителя плавкую вставку проверяют по току отключения предохранителя и защищаемой цепи. У предохранителей с кварцевым наполнителем полностью заменяют старый песок новым, который должен состоять из чистого сухого кварца с размером гранул 0,5—1 мм. Затем патрон устанавливают в губки предохранителя, он должен входить без перекоса и с некоторым усилием.

### **Текущий ремонт контакторов и магнитных пускателей**

Эта аппаратура служит для дистанционного автоматического и полуавтоматического управления электродвигателями. Наиболее распространены контакторы типов КП, КПД, КТ, КТД, КМ, КНТ и пускатели ПМ, ПМЕ, ПМН и П.

Все эти контакторы и пускатели почти одинаковы по конструкции, поэтому способы их ремонта одинаковы. Целесообразно ремонтировать изолированные валы, подшипники, дугогасительные катушки, контактные болты большого размера. Остальные детали при ремонте заменяют новыми.

Изолированные валы подлежат ремонту при износе шеек и повреждений пересохшей изоляции.

При ремонте искрогасительных камер применяют фибру, так как она меньше всего подвержена действию электрической дуги. Обгоревшие от действия дуги части искрогасительных камер заменяют, а образовавшиеся неровности на внутренней поверхности сглаживают при помощи смеси измельченного асбеста и цемента.

Сборка аппаратов несложна, но требует соблюдения технических условий и требований заводской инструкции. После сборки контакторов и пускателей на рабочем месте проверяют подвижность контактной системы, механические характери-

ки аппаратов, надежность изоляции катушки и контактных узлов.

Подвижные части контакторов и пускателей должны свободно без заеданий и торможения перемещаться в опорах. Гибкие соединения не должны касаться корпуса (скобы, ярма) контактора и оказывать тормозящее действие на движение якоря.

Правильность работы поворотных контактных узлов характеризуется видом касания, перекатом, раствором, провалом, начальными и конечными нажатиями контактов.

Новые главные контакты во включенном положении должны замыкаться так, чтобы соприкасалось не менее 75% на ширины. При включении подвижные контакты должны перекашиваться относительно неподвижных.

В многополюсных контакторах и пускателях неодновременность касания контактов не должна превышать 0,5 мм.

Растворы, провалы и нажатия главных контактов контакторов и пускателей должны соответствовать данным, указанным в заводских инструкциях.

При небольших отклонениях размеров от указанных в инструкциях их можно подогнать подгибанием концов кронштейна и носика якоря у контакторов типа КП, подгибанием контактодержателя или поворотом его крепления относительно изоляционного вала у пускателей типа ПМ и ПМН и контакторов типа КТ.

Силу нажатия контакта проверяют при помощи динамометра при неподвижно закрепленном якоре в разомкнутом и замкнутом положении контактов.

## **1.9 Монтаж и ремонт пускорегулирующей аппаратуры**

План занятий:

1. Ремонт катушек контакторов и пускателей.
2. Ремонт реостатов.
3. Послеремонтное испытания аппаратуры распределительных устройств.

Одной из наиболее повреждающихся деталей магнитного пускателя и контактора является удерживающая катушка, которая при включенном пускателе или контакторе обтекается током. Катушку, у которой изоляция вследствие длительной работы пересохла, заменяют новой. При отсутствии катушек заводского изготовления их наматывают в электромастерских.

Восстановить катушку, если есть паспорт, нетрудно. В этом случае наматывают новую катушку, число витков которой и сечение провода должны соответствовать паспортным данным. Иногда приходится перематывать катушки электромагнитов аппаратов на напряжение, отличающееся от паспортного.

Пересчитывать обмоточные данные катушки с одного напряжения на другое с достаточной точностью можно при помощи следующих формул:

$$w_2 = w_1 \frac{U_2}{U_1}, \quad d_2 = d_1 \sqrt{\frac{U_1}{U_2}},$$

$w_x$  - первоначальное число витков при напряжении  $U$

$w_2$  - число витков после перемотки на напряжение  $t/2$ ;

$d_x$  и  $d_2$  диаметр провода, соответственно до и после перемотки.

В ремонтной практике иногда приходится рассчитывать катушки заново или по известным размерам сердечника восстанавливать обмоточные данные, то есть определять число витков и диаметр провода для заданного напряжения сети.

Обмоточные данные катушки переменного тока с достаточной для практики точностью можно рассчитать по графику.

Для расчета числа витков на один вольт рабочего напряжения катушки в зависимости от режима работы пользуются графическими зависимостями.

$$w_0 = \frac{w}{U}.$$

Для определения диаметра провода необходимо учитывать коэффициент заполнения  $K^*$ , который показывает отношение

суммарной площади поперечного сечения изолированных проводов к площади окна магнитопровода. Он зависит от типа изоляции, формы и сечения провода и качества намотки. Коэффициент заполнения определяют по графику, приведенному на рисунке 48, в котором промежуточная зависимость является средним значением коэффициента заполнения. Вычислив площадь окна магнитопровода магнитной системы  $l_0 h_0$  и умножив его на коэффициент заполнения  $K_3$ , получим значение площади, занимаемой обмоткой:

$$w'_0 = \frac{w}{S_{\text{обм}}},$$

Зная площадь  $S_{\text{обм}}$ , можно определить число витков, приходящихся на  $1 \text{ мм}^2$  этой площади,

По найденному значению  $w'_0$  и графикам, приведенным на рисунках 39 и 40, определяют диаметр  $d$  требуемого провода. Следует отметить, что для контакторов и магнитных пускателей чаще всего берут провода с эмалированной изоляцией, марок ПЭЛ, ПЭЛШО, а для тормозных магнитов и контакторов с тяжелым режимом работы— провода марок ПЭЛБО, ПБД.

$$S_{\text{обм}} = K_3 l_0 h_0.$$

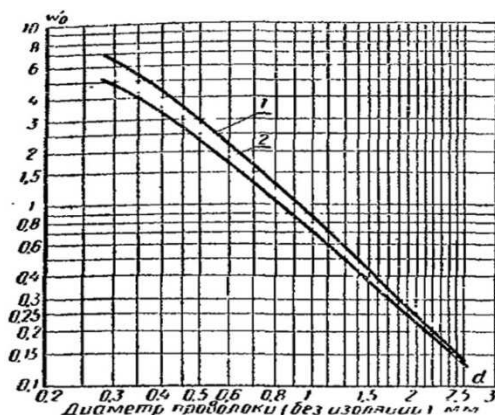


Рис. 39. График для определения диаметра обмоточных проводов марок ПЭЛБО (1) и ПБД (2)



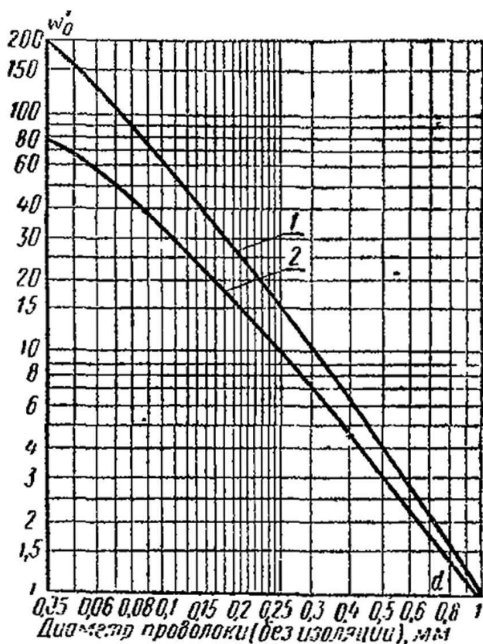


Рис. 40. График для определения диаметра обмоточных проводов марок ПЭЛ (1) и ПЭЛШО (2)

**Ремонт реостатов.** При текущем ремонте пусковых и регулировочных реостатов очищают весь аппарат от пыли и грязи, проверяют крепление реостатов, плотность всех винтовых соединений, уровень масла, состояние подвижных контактных щеток и плотность их прилегания, состояние неподвижных контактов, элементов сопротивления, защитного заземления корпуса реостата, а также измеряют сопротивление изоляции реостата относительно корпуса. Обнаруженные недостатки устраняют, зачищая обгорелые и заменяя неисправные контакты, а также регулируя действие механической части реостата.

При капитальном ремонте реостат полностью разбирают, чистят все детали, изношенные части (контакты, элементы сопротивления, пружины, болтовые соединения, изоляционные детали и др.) ремонтируют или заменяют новыми.

Элементы сгоревших сопротивлений заменяют новыми, изготовленными из того же материала и того же сечения. Для

изоляции элементов сопротивления от корпуса применяют фарфор, стеатит или миканит, а выводы отдельных ступеней реостата изолируют фарфоровыми бусами или асбестовым чулком. Если реостат смонтирован на раме агрегата и подвержен вибрациям, то на всех соединениях ставят пружинные шайбы.

Неподвижные контакты регулировочного устройства очищают от окислов и оплавлений. Эти контакты устанавливают на одном уровне во избежание подгорания контактов и заедания контактных щеток.

По окончании ремонта реостат собирают, регулируют, восстанавливают все надписи на его крышке и кожухе. У масляных реостатов промывают бачок и заполняют его свежим трансформаторным маслом до уровня, отмеченного чертой на одной из его вертикальных стенок.

После ремонта реостат проверяют на отсутствие обрыва его сопротивлений и плавность хода подвижного контакта.

#### **Сроки и объем ремонта разделительных устройств напряжением до 1000 В**

Ремонт распределительных устройств сводится к ремонту аппаратуры и оборудования (в основном ошиновки).

Капитальный ремонт аппаратов и электрооборудования распределительных устройств напряжением до 1000 В проводят в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство предприятия (колхоза, совхоза), но не реже одного раза в три года.

Текущий ремонт распределительных устройств проводят между капитальными ремонтами в сроки, установленные графиком, утвержденным ответственным за электрохозяйство, но не реже одного раза в год.

При определении объема текущего ремонта РУ напряжением до 1000 В проверяют следующее:

- а) состояние контактных соединений сборных шин, наличие местных нагревов. При этом подтягивают все болтовые соединения;
- б) состояние спусков от шин к аппаратам, губок рубильников, предохранителей, мест подсоединения кабелей и проводов;
- в) состояние разделок кабелей и их закрепление;
- г) состояние трансформаторов тока и вторичных цепей;

д) состояние защитных заземлений и сетчатых ограждений.

Во время капитального ремонта распределительного устройства выполняют все операции текущего ремонта. При капитальном ремонте РУ особое внимание обращают на состояние болтовых контактных соединений. При этом проверяют следующее:

а) качество затяжки болтов и вскрывают 2—3% соединений;

б) целостность изоляторов, надежность крепления шин на изоляторах;

в) отсутствие прогибов шин, состояние их окраски и наличие зачищенных мест для наложения переносных заземлений. Согласно принятым обозначениям, фазы шин трехфазного переменного тока обозначают буквами А, В, С, буквам соответствуют номера 1, 2, 3. Шины окрашивают в такие цвета: желтый — фаза А, зеленый — фаза В и красный — фаза С.

В процессе ремонта ошиновки РУ качество подгонки плоских поверхностей в контактах проверяют при помощи щупа на 0,02—0,03 мм. В местах соединений щуп не должен проходить вглубь более чем на 5 мм от края.

Давление болтовых контактов проверяют, выполняя контрольный поджим обычным ключом с динамометром или ключом с регулируемым крутящим моментом со сменными головками.

Во время ремонта распределительного устройства окрашивают панели в светлые тона, восстанавливают надписи на панелях, ремонтируют контур заземления, замки защитных сетчатых ограждений, двери РУ, освещение и др.

Перед сдачей распределительного устройства из капитального ремонта в эксплуатацию измеряют сопротивление изоляции РУ и его элементов, а также испытывают его повышенным напряжением 1000 В промышленной частоты в течение 1 мин. Сопротивление изоляции каждой секции РУ измеряют мегомметром на напряжение 1000 В. Оно должно быть не менее 0,5 МОм. Испытания изоляции РУ до 1000 В проводят одновременно с испытаниями электропроводок силовых и осветительных сетей, присоединенных к испытываемым распределительным устройствам.

## **Послеремонтные испытания аппаратуры распределительных устройств напряжением до 1000 В**

При ремонте и реконструкции низковольтных электрических аппаратов, а также установке их в распределительные устройства после ремонта должны быть соблюдены допустимые электрические зазоры (по воздуху) и расстояния утечки (по поверхности изоляции) между частями, находящимися под напряжением, или между ними и заземленными частями.

Отремонтированные электрические аппараты напряжением до 1000 В до ввода в эксплуатацию должны быть испытаны в соответствии.

**Техника безопасности при работе в распределительном устройстве напряжением до 1000 В** Работы в действующих распределительных устройствах в отношении мер безопасности делятся на три категории.

- 1) работы при полном снятии напряжения с установки;
- 2) работы при частичном снятии напряжения;
- 3) работы без снятия напряжения.

При работе с полным или частичным снятием напряжения переносные заземления следует наложить со всех сторон, а если это невозможно, принять меры, препятствующие ошибочной подаче напряжения к месту работы (механический замок приводов, рубильников, автоматов, применение изоляционных прокладок и т.п.).

На всех рубильниках и автоматах, которыми может быть подано напряжение на установку, отключенную для проведения работ, необходимо вывесить плакаты: «Не включать, работают люди!».

При работе без снятия напряжения вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, должны быть выполнены мероприятия, препятствующие приближению работающих лиц к этим токоведущим частям. К числу таких мероприятий относятся:

- а) безопасное расположение работающих лиц по отношению к находящимся под напряжением токоведущим частям;
- б) организация непрерывного надзора за работающими;
- в) применение основных и дополнительных изолирующих защитных средств.

По окончании ремонта делают уборку, и ответственный за ремонт, осмотрев место работы, разрешает снять все предохранительные заземления, прокладки и плакаты. Об окончании работ ответственный сообщает оперативному дежурному и делает запись в наряде и журнале.

При текущем и капитальном ремонте на токоведущих частях, находящихся под напряжением, не выполняют никаких работ.

### **Вопросы для повторения:**

1. Перечислите виды и причины характерных повреждений пусковой и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В.
2. В чем заключается организация ремонта пусковой и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В?
3. Перечислите основные повреждения рубильников и переключателей и работы, выполняемые при текущем ремонте.
4. Назовите особенности ремонта пакетных выключателей и пусковых ящиков.
5. В чем отличие выполнения ремонта контакторов и магнитных пускателей?
6. Перечислите операции при ремонте магнитных пускателей.
7. Расскажите об особенностях ремонта катушек контакторов и пускателей.
8. Какова технология ремонта пусковых и регулировочных реостатов?
9. Назовите особенности ремонта и объем испытаний распределительных устройств напряжением до 1000 В.

## **1.10 Общие сведения о кабельных линиях**

План занятий:

1. Общие сведения о кабельных линиях.
2. Приемка кабельных линий.
3. Блуждающие токи. Их измерение и защита.

### **Общие сведения о кабельных линиях**

В объем эксплуатации кабельных линий входит следующее:

- 1) контроль за токовыми нагрузками, температурными режимами и напряжением сети;
- 2) проведение систематических и внеочередных осмотров трасс;
- 3) проведение профилактических испытаний и измерений;
- 4) контроль за проведением работ на трассах и проведение разъяснительной работы среди населения, руководителей предприятий и учреждений.

Для исключения возникновения в кабелях опасных механических напряжений от возможных смещений почвы и температурных деформаций кабели укладывают змейкой с запасом по длине 1—3%. При открытой прокладке кабели защищают от непосредственного воздействия солнечных лучей и других теплоизлучений. При прохождении трассы по территории электрифицированного рельсового транспорта (трамвай и др.) кабели необходимо защищать от опасного влияния блуждающих токов. Кабели, прокладываемые внутри помещений, не должны иметь наружных защитных покровов из горючих волокнистых материалов.

Все проложенные кабели, а также муфты и концевые заделки снабжают бирками. На бирках для кабелей указывают марку, напряжение, наименование кабельной линии, для-муфт и заделок — номер, дату монтажа и фамилии монтажников, проводивших монтаж.

Кабели можно прокладывать в тоннелях, каналах, блоках, траншеях и подземных лотках. Внутри зданий кабельные линии можно прокладывать непосредственно по конструкциям зданий. По капитальным затратам наиболее экономична прокладка кабелей в специально вырытых траншеях. Кабели напряжением до 1000 В в местах возможных механических повреждений, например в местах частых раскопок, покрывают плитами или кирпичом. Глубина заложений кабельных линий должна составлять 0,7 м, а при пересечении-улиц—1,0 м.

При параллельной прокладке нескольких кабелей в одной траншее расстояние между ними по горизонтали должно быть не менее 100 мм. Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

Допускается перемещение кабелей, находящихся под напряжением, на расстояние 5—7 м с соблюдением следующих условий:

- 1) температура кабеля должна быть не ниже 5° С;
- 2) при захвате кабеля пользуются специальными изолирующими клещами или диэлектрическими перчатками;
- 3) поверх диэлектрических перчаток для защиты их от механических повреждений надевают брезентовые рукавицы;
- 4) кабели около муфты для исключения изгиба закрепляют на досках.

### **Приемка кабельной линии в эксплуатацию**

Все кабельные линии должны удовлетворять требованиям ПУЭ. Каждую вновь смонтированную линию принимает специальная комиссия, состоящая из представителей монтажных и эксплуатирующих организаций. Комиссия знакомится с технической документацией на проложенный кабель и актами на скрытые работы, проверяет трассу кабеля и проводит ряд испытаний.

Техническая документация, предъявляемая приемной комиссией, должна содержать:

- а) проект кабельной линии;
- б) перечень отклонений от проекта с указанием причин и согласование с проектной и другими заинтересованными организациями;
- в) исполнительные чертежи в масштабе не менее 1 :500 с нанесением координат трассы и муфт;
- г) акты на скрытые работы, в том числе акты на пересечения и сближения кабелей со всеми подземными коммуникациями, акты на монтаж кабельных муфт и т. д.;
- д) акты на осуществление антикоррозийных мероприятий и защиты от блуждающих токов.

Вновь сооружаемую или вышедшую из капитального ремонта кабельную линию испытывают следующим образом:

- а) проверяют на обрыв и выполняют фазировку жил;
- б) измеряют сопротивление заземления концевых заделок;
- в) проверяют действие установленных защитных устройств от блуждающих токов;
- г) испытывают изоляцию повышенным напряжением.

На каждую кабельную линию при вводе ее в эксплуатацию заводят паспорт, в котором отражают основные технические данные линии и вносят все сведения по ее испытаниям, ремонту и эксплуатации, и устанавливают максимальные токовые нагрузки.

### **Соблюдение режимов работы кабельных линий по токам нагрузки**

Допустимые температуры нагрева токоведущих жил определяются конструкцией кабеля (типом применяемой изоляции), рабочим напряжением, режимом его работы (длительный, кратковременный). Долгительно допустимые температуры токоведущих жил не должны превышать следующих значений, °С:

для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией напряжением до 3 кВ	80
для кабелей с резиновой изоляцией	65
для кабелей по ВТУ с олихлорвиниловой изоляцией	65

Допустимые токовые нагрузки для нормального длительного режима кабельной линии определяют по таблицам, приведенным в электротехническом справочнике. Эти нагрузки зависят от способа прокладки кабеля и вида охлаждающей среды (земля, воздух).

Для кабелей, проложенных в земле, длительно допустимые токовые нагрузки приняты из расчета прокладки одного кабеля в траншее на глубине 0,7—1,0 м при температуре земли 15° С. Для кабелей, проложенных на воздухе, температура окружающей среды принята равной 25° С. Если расчетная температура  $t_p$  окружающей среды отличается от принятых условий  $t_{p1}$  вводится поправочный коэффициент  $k_1$  равный

$$k_1 = \sqrt{\frac{t_d - t_p}{t_d - t_n}},$$

где  $t_d$  — допустимая температура жилы кабеля.

За расчетную температуру почвы принимается наибольшая среднемесячная температура (из всех месяцев года) на глу-



бине прокладки кабеля. За расчетную температуру воздуха принимают наибольшую среднюю суточную температуру, повторяющуюся не менее трех дней в году.

При прокладке в одной траншее нескольких кабелей вводят поправочный коэффициент  $k_2$ , зависящий от числа параллельно проложенных кабелей и расстояния в свету между ними.

В условиях необходимости применения обоих поправочных коэффициентов длительно допустимая нагрузка

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{н}} k_1 k_2.$$

Длительно допустимые нагрузки определяют по участку трассы кабельной линии с наилучшими условиями охлаждения, если длина участка не менее 10 м.

Кабельные линии напряжением до 6—10 кВ, несущие нагрузки меньше номинальных при коэффициенте предварительной нагрузки не более 0,6–0,8, могут кратковременно и длительно перегружаться (см. ПТЭ и ПУЭ).

Если в результате измерений температура жилы кабеля  $T_{\text{ж}}$  окажется ниже допустимой величины  $T_{\text{ж.д}}$ , можно скорректировать нагрузку кабеля, увеличив ее до значения, определяемого формулой

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{оп}} \sqrt{\frac{T_{\text{ж.д}} - t_{\text{окр}}}{T_{\text{ж}} - t_{\text{окр}}}},$$

где  $I_{\text{оп}}$  и  $T_{\text{ж}}$ —измеренная нагрузка и температура жилы кабеля.

Температуру кабелей рекомендуется измерять при помощи термосопротивлений или термопар для самых неблагоприятных условий работы: максимальная нагрузка и наивысшая температура окружающей среды. При равномерном графике нагрузки кабельной линии в течение суток температуру оболочки кабеля достаточно измерить дважды с интервалом 1—2 ч. Если график нагрузки неравномерен, температуру оболочки кабеля измеряют в течение суток через каждые 1—2 ч, одновременно измеряют значение нагрузки. По полученным данным

строят суточные графики температуры оболочки кабеля и его нагрузки. При подсчете температуры жилы кабеля за 1<sub>об</sub> принимают максимальное значение температуры оболочки по графику, а за 1<sub>оп</sub> — максимальное значение нагрузки длительно-стью не менее двух часов, хотя эти значения могут быть сдвинуты по времени.

Температуру окружающей среды для кабелей, проложенных в туннелях-каналах, измеряют на входе и выходе из них, для кабелей, проложенных в земле, — на расстоянии 3—5 м от крайнего кабеля на глубине его прокладки.

На ответственных кабельных линиях с постоянным дежурным персоналом контроль за нагрузками ведут по стационарным измерительным приборам, показания которых заносят в суточные ведомости. Для наглядности на шкалах щитовых амперметров красной чертой отмечен допустимый ток кабельной линии. При отсутствии дежурного персонала для контроля за нагрузками кабельных линий периодически измеряют токи стационарными или переносными приборами. Измерения делают 2—3 раза в год: один раз в летний и один-два раза в осенне-зимний максимумы.

Одновременно с контролем токовых нагрузок измеряют рабочее напряжение кабельных линий. Рабочее напряжение линий в нормальных условиях эксплуатации не должно превосходить номинальное более чем на 15%. В сетях с изолированной нейтралью или в компенсированных сетях допускается работа кабельных линий в режиме однофазного замыкания на землю.

Продолжительность работы в режиме однофазного замыкания на землю определяется расчетным путем и составляет обычно не более 2 ч.

### **Осмотр кабельных линий**

Надзор за кабельными линиями предполагает периодические обходы и осмотры. Трассы кабельных линий напряжением до 35 кВ осматривают монтеры в следующие сроки:

а) кабели, проложенные в земле и туннелях, — в сроки, установленные местными инструкциями, но не реже 1 раза в 3 месяца;

б) концевые муфты, кабельные колодцы — один раз в год.

Сроки контрольных осмотров кабельных линий инженерно-техническим персоналом устанавливаются с учетом местных условий.

Внеочередные обходы трасс делают весной во время таяния снега, ледоходов, паводков, после ливней и в период осенних дождей, когда наблюдаются наибольшие размягчения и размыв грунта, в результате чего возможны повреждения кабелей.

При осмотрах необходимо проверять, чтобы на трассе не выполнялись работы, не согласованные с эксплуатирующей организацией: строительство сооружений, раскопка земли, посадка деревьев, устройство складов, свалок, выливание растворов кислот, щелочей и солей, земляные работы на глубине более 0,3 м и планировка грунта при помощи механизмов.

Все замечания по результатам обходов и осмотров трасс кабельных линий записывают в журнал. О дефектах, требующих немедленного устранения, проводящий осмотр, кроме записи в журнал, обязан немедленно сообщить непосредственному начальнику. В дальнейшем на основании просмотра журнала дефектов инженерно-технический персонал намечает мероприятия и сроки по устранению неисправностей. Если объем работ большой или необходимы большие материальные затраты, работы включают в план капитального ремонта.

Если во время осмотра обнаружены нарушения действующих «Правил по охране высоковольтных электрических сетей», например ведутся земляные работы без разрешения, необходимо немедленно прекратить дальнейшее проведение работ, составить акт о нарушении правил и вызвать представителя администрации (инспекции) или органов милиции. Если на проведение земляных работ вблизи кабельных трасс есть разрешение, то в проекте на эти работы должны быть предусмотрены специальные меры по обеспечению сохранности кабельных линий.

Правила технической эксплуатации запрещают работать с землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабелей. Отбойные молотки и ломы для рыхления грунта над кабелями можно применять лишь на глубине не более 0,4 м при нормальной глубине заложения кабелей. Клип-бабы и другие аналогичные ударные механизмы разрешается применять на расстоянии не ближе 5 м от кабелей.

В течение всего времени проведения работ следует обеспечить периодический контроль за соблюдением предписанных мер по обеспечению сохранности кабельной линии.

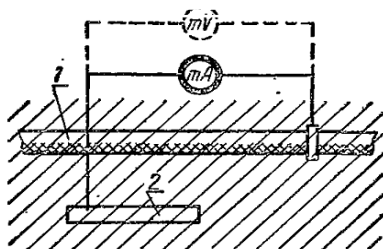
### **Блуждающие токи, их измерение и защита кабелей от коррозии**

Для определения коррозионной опасности и разработки мер по защите кабельной линии составляют потенциальную диаграмму кабельной сети, которую периодически корректируют. Для этого на кабельных линиях проводят комплекс испытаний, включающий следующие измерения:

- а) разности потенциалов между оболочками кабеля и землей;
- б) силы и направления тока, протекающего по оболочке кабеля;
- в) плотности тока, стекающего с кабеля в землю.

Как показывает опыт, потенциалы ОД—0,2 В достаточны для создания условий активного разрушения свинцовой оболочки. Для измерения потенциалов нужно использовать вольтметры с большим сопротивлением, порядка 10000 Ом на 1 В.

Для измерения блуждающих токов применяют универсальный коррозионно - измерительный прибор. По данным измерений определяют средние значения потенциалов и токов. Опасным значением плотности стекающего тока считается 0,15 мА/дм<sup>2</sup> и более.



*Рис. 41. Схема измерений потенциалов на оболочках кабелей и плотности стекающих с них блуждающих токов. 1 – кабель; 2 – электрод*

При измерении потенциалов оболочек кабеля по отношению к земле (рис. 41) во избежание появления погрешностей от

возможности появления гальванических пар заземляющий электрод выполняют из того же металла, что и оболочку кабеля (свинец, алюминий), на котором измеряют блуждающие токи. Обычно в качестве электрода используют кусок кабеля длиной 300—500 мм.

При измерении плотности тока вместо милливольтметра включают миллиамперметр. Измерив весь ток, стекающий с электрода в землю  $I_{3-э}$ , и зная размер поверхности электрода  $S$ , определяют удельную плотность тока, стекающего в землю,  $I_{уд}$ :

$$I_{уд} = \frac{I_{3-э}}{S}.$$

Сквозной ток, протекающий вдоль оболочки кабеля /ск, желательно измерять компенсационным методом (рис. 7). От постороннего источника по оболочке кабеля пропускают ток обратного направления, который компенсирует блуждающий ток, проходящий вдоль оболочки. В момент полной компенсации показание милливольтметра равно нулю, а ток, пропускаемый от постороннего источника  $I_{п}$ , равен сквозному току, протекающему вдоль оболочки кабеля  $I_{ск} = I_{п}$ .

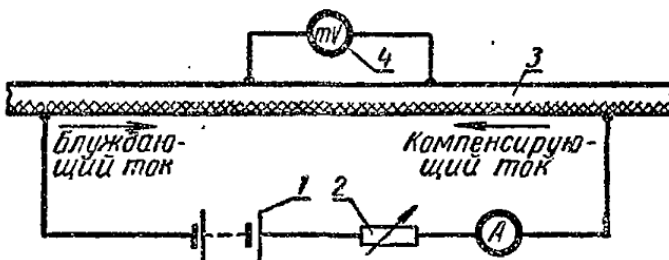


Рис. 42. Схема измерения блуждающих токов, протекающих вдоль свинцовой оболочки:

1 — вспомогательная батарея; 2—реостат; 3 —кабель; 4 — прибор-индикатор

Существующими правилами технической эксплуатации предписано измерять блуждающие токи не менее двух раз в первый год эксплуатации кабельной линии. Периодичность из-

мерений в последующие годы устанавливают на основании результатов первых измерений и анализа коррозионных зон.

### **Профилактические испытания**

Профилактические испытания проводят не реже 1 раза в год, а испытания кабелей, находящихся в благоприятных условиях по нагрузке (температурному режиму), способу прокладки (исключена возможность механических повреждений), — не реже 1 раза в 3 года.

Внеочередные испытания кабельных линий проводят после ремонтных работ и после окончания земляных работ на трассе кабельных линий. Профилактические испытания изоляции кабельных линий выполняют:

- а) высоковольтным мегомметром 1000—2500 В;
- б) повышенным напряжением постоянного тока;
- в) измерением диэлектрических потерь на вертикальных участках.

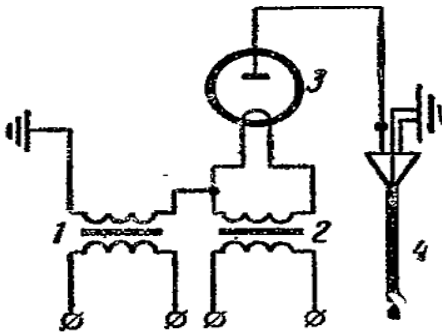
Испытание изоляции мегомметром 1000—2500 В проводят для выявления резких нарушений целостности изоляции кабеля (обрыв фаз, короткое замыкание на землю и т.д.).

Основным методом профилактических испытаний кабельных линий является метод испытаний повышенным напряжением.

Профилактические испытания обычно проводят в теплое время года, в период наибольшей вероятности ухудшения качества изоляции. В целях снижения мощности испытательной установки испытание повышенным напряжением проводят на постоянном токе (рис. 43).

При испытаниях напряжение поднимают плавно, со скоростью не более 1—2 кВ в секунду, до испытательного значения и поддерживают в течение всего периода испытаний (5 мин). Кабельная линия считается выдержавшей испытание, если во время его проведения не наблюдалось резких толчков тока и не произошло пробоя или перекрытия изоляции, а также роста тока утечки.

При испытаниях трехфазных кабелей каждую жилу испытывают по очереди по отношению к двум другим и свинцовой оболочке (свободные жилы вместе с оболочкой соединяют с землей). При этом как междуфазовую изоляцию, так и изоляцию жил по отношению к земле испытывают одинаковым напряжением. Для кабелей 2—10 кВ это напряжение принимают равным (5—6) U.



*Рис. 43. Принципиальная схема испытания кабеля:  
1 – повысительный трансформатор; 2 – трансформатор  
накала; 3 – кенотрон; 4 – испытуемый кабель*

### **Определение мест повреждений на кабельных линиях**

Повреждения кабелей подразделяются на следующие:

- а) замыкание на землю одной фазы;
- б) замыкание двух или трех фаз на землю либо между собой;
- в) обрыв одной, двух или трех фаз с заземлением или без заземления;
- г) заплывающий пробой изоляции;
- д) сложные повреждения, представляющие комбинации из вышеупомянутых видов повреждений.

Для определения характера повреждения кабельную линию отключают от источника питания. От нее отключают все электроприемники и с обоих концов при помощи мегомметра или высокого напряжения проверяют:

- а) сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы по отношению к земле и между каждой парой жил;
- б) отсутствие обрыва токоведущих жил.

После определения характера повреждения кабельной линии выбирают метод, наиболее подходящий для определения места повреждения. В первую очередь с погрешностью 10—40 м определяют зону, в границах которой расположено место повреждения. Для этого пользуются следующими относительными методами:

- а) импульсным;
- б) методом колебательного разряда;
- в) петлевым;
- г) емкостным.

Место повреждения непосредственно на трассе уточняют акустическим или индукционным методом.

Импульсный метод основан на посылке в поврежденную линию зондирующего электрического импульса и измерении интервала между моментом подачи импульса и моментом прихода отраженного импульса от места повреждения в кабеле.

На рассмотренном принципе построены приборы типов ИКЛ-5, Р5-1А. При импульсном методе измерения может быть измерено не только расстояние до места повреждения, но и определен характер дефекта.

Достоинство импульсного метода заключается в отсутствии каких-либо переключений на противоположном конце кабеля. Присоединение к кабелю может быть различным (рис. 44).

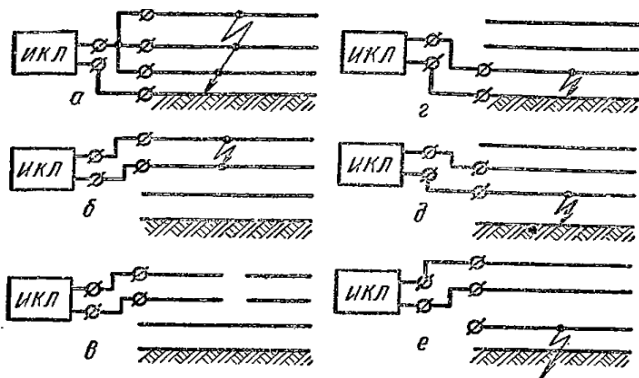
Методом колебательного разряда (рис. 45) определяют зону повреждения кабельной линии при заплывающих пробоях. При измерении кабельную линию отключают с обоих концов и разряжают. От испытательной установки высокого напряжения постоянного тока на поврежденную жилу кабеля подают напряжение заряда, плавно поднимая его до напряжения пробоя поврежденной изоляции, но не выше значения, допустимого нормами профилактических испытаний для данного вида кабеля. В момент пробоя в месте повреждения возникает искра, обладающая небольшим переходным сопротивлением, и в кабеле происходит разряд колебательного характера. Время колебательного разряда измеряют осциллографом типа ОЖО с однократной идущей разверткой или электронным миллисекундометром типа ЭМКС-58М, присоединяемым через делитель напряжения.

Прибор типа ЭМКС-58М измеряет время первого полупериода колебательного разряда, и его шкала отградуирована в единицах длины (расстояние до места повреждения).

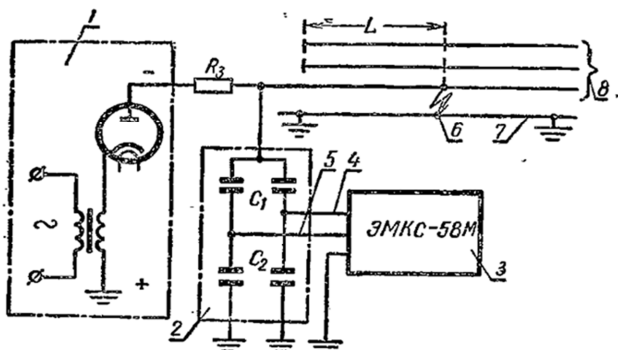
Петлевой метод применяют для определения зоны повреждения кабельной линии в случаях, когда жила с поврежденной



изоляция (замыкание на землю) не имеет обрыва и хотя бы одна из жил имеет хорошую изоляцию.



*Рис. 44. Подсоединение прибора ИКЛ к линии при различных случаях повреждения*



*Рис. 45. Схема определения места повреждения методом колебательного разряда:*

1 – высоковольтная испытательная установка; 2 – делитель напряжения; 3 – приборы; 4 – цепь пуска; 5 – останов; 6 – место повреждения; 7 – свинцовая оболочка; 8 – жилы кабеля

Метод петли заключается в непосредственном измерении при помощи измерительного моста сопротивлению постоянному

току участка поврежденной жилы от места измерения до места повреждения.

### **Блуждающие токи, их измерение и способы защиты металлических оболочек кабельных линий от коррозии**

Надежность работы кабельных линий определяется состоянием и герметичностью защитных оболочек кабеля. Нарушение герметичности оболочек, проникновение воздуха и влаги во внутренние полости кабеля приводит к электрическому пробое изоляции и повреждению кабельной линии. Металлические оболочки кабельных линий, проложенных в земле, подвергаются опасности разрушения в результате электролитической коррозии, вызванной блуждающими токами, а также почвенной — электрохимической коррозии. Источниками блуждающих токов являются трамвай, метрополитен и электрифицированный на постоянном токе пригородный рельсовый транспорт. Как известно, провод (троллей) в этих установках соединяется обычно с плюсом источника постоянного тока, а минус — с обратным проводом, которым являются рельсовые пути (рис. 7).

Вследствие слабой изоляции полотна дороги от земли, большого омического сопротивления рельсовых путей, нарушения контакта в стыках рельс, часть тока ответвляясь проходит к минусу источника питания по земле. Встречая на своем пути проводник, каким являются металлические оболочки кабельных линий, трубопроводы и другие подземные сооружения, блуждающие токи могут пройти по этому проводнику, а затем выйти из него снова в землю, чтобы вернуться к отрицательному полюсу тяговой подстанции. В этой цепи электрического тока, состоящего из рельсового пути (источника), металлических оболочек кабеля и земли, имеет место явление электролиза. Рельсовый путь и металлические оболочки кабельных линий являются при этом электродами (анодом и катодом), а окружающая земля, где всегда имеется влага, содержащая некоторое количество различных солей и кислот,— электролитической средой, или электролитом.

Как известно, при прохождении постоянного тока через электролит электрод с высшим потенциалом (анод) растворяется. В месте перехода электрического тока с рельсов в кабель высший потенциал будет иметь рельс, поэтому он служит ано-

дом, а оболочки кабеля— катодом. Участок, где блуждающие токи ответвляются от рельсовых путей и через землю переходят на металлическую оболочку кабельных линий, называют катодной зоной. В этом случае оболочкам кабельных линий опасность разрушения не угрожает.

Образования опасных коррозионных зон блуждающими токами.

Совсем другое дело будет в месте, где блуждающие токи переходят с металлических оболочек кабельных линий в землю. Потенциал оболочек кабеля в этом случае будет выше потенциала земли (анодная зона). В анодной зоне металлические оболочки кабельных линий будут разрушаться. Количество растворяющегося в анодной зоне металла по закону Фарадея пропорционально величине блуждающего тока, времени, в течение которого он протекает, и зависит от рода металла, из которого выполнены оболочки кабельных линий.

Согласно расчетам, при величине блуждающего тока в 1 а потери за год составляют 33 кг свинца, 3,95 кг алюминия и 9 кг железа. Наиболее интенсивному разрушению, таким образом, подвергается свинцовая оболочка кабельных линий.

Для защиты металлических оболочек кабельных линий и других подземных сооружений от электролитической коррозии блуждающими токами необходимо, чтобы со стороны эксплуатирующей электрифицированный транспорт организации были приняты специальные меры. К таким мерам относятся максимальное снижение продольного омического сопротивления рельсового пути, достигаемое сваркой стыков рельс, и повышение переходного сопротивления для тока от рельс к земле путем изоляции рельс от земли. Этими мерами достигается уменьшение величины ответвляющегося от рельс блуждающего тока, а следовательно, и уменьшение опасности разрушения металлических оболочек и повреждения кабельных линий. Помимо указанных выше мер, для снижения падения напряжения в рельсах применяют отсасывающие линии, представляющие собой одножильный изолированный кабель, соединяющий различные точки рельсового пути непосредственно с отрицательной шиной тяговой подстанции. При таком устройстве тяговые токовые нагрузки возвращаются на подстанцию не по рельсовой сети, а

специальным изолированным одножильным кабелем большого сечения, чем достигается значительная разгрузка рельсовой сети и, естественно, снижение величины блуждающих токов.

Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей на обслуживающий кабельные сети персонал возлагается обязанность вести, систематический контроль выполнения управлениями и службами городского трамвая, метрополитена и электрифицированных железных дорог мероприятий по уменьшению величины блуждающих токов в земле в соответствии с требованиями «Правил защиты подземных металлических сооружений от коррозии» СН266-63.

Для определения коррозионной опасности и разработки на основе измерения блуждающих токов необходимых для защиты кабельных линий мер должна быть составлена и периодически корректироваться потенциальная диаграмма кабельной сети или ее отдельных участков. Для этой цели предварительно на планах города, где нанесены кабельные линии и сооружения кабельной сети (РП, ТП, СП), наносятся рельсовые пути трамвая, отсасывающие кабели и контрольно-измерительные пункты, а также тяговые подстанции, питающие электроэнергией тяговую сеть. Распределение электрических потенциалов на металлических оболочках кабельных линий и других металлических подземных сооружений зависит от распределения потенциалов на рельсовых путях трамвая, расположения отсасывающих пунктов, величины напряжения на них, а также расположения и зон питания тяговых подстанций.

По результатам анализа контрольных измерений, по диаграмме потенциалов рельсовой сети, составляемой и корректируемой обслуживающим тяговую сеть персоналом, а также по данным об имевших место случаях повреждения кабелей и других подземных сооружений устанавливаются места, где должны проводиться измерения блуждающих токов на кабельных линиях. Как показал опыт, наиболее опасными зонами, где в первую очередь необходимо установить наблюдение за состоянием металлических оболочек кабельных линий, являются: места расположения трамвайных подстанций; отсасывающие пункты трамвая; места сближения и пересечения кабельных линий с трамвайными путями.

В объем и комплекс измерений на кабельных линиях для оценки опасности коррозии входят следующие измерения:

- разности потенциалов оболочек кабеля по отношению к земле;

- разности потенциалов между оболочками кабелей, рельсами трамвая или другими подземными сооружениями;

- поверхностной плотности тока, сходящего с оболочек кабеля в землю;

- величины и направления тока, протекающего по оболочкам кабеля.

Измерениями разности потенциалов выявляются наличие блуждающих токов и их направление для обнаружения анодных зон, где оболочки кабелей имеют положительный потенциал по отношению к земле. Как показывает опыт, потенциалы величиной 0,1—0,2 в анодной зоне достаточны, чтобы вызвать разрушение свинцовой оболочки, а следовательно повреждение кабельной линии. Плотность стекающего тока является также важным показателем, указывающим на наличие в металлических оболочках кабеля процесса электролитической коррозии. Для кабелей, проложенных в земле, опасной считается плотность тока, стекающего в землю (анодная зона), более 0,15 мА/дм<sup>2</sup>.

Способы измерения потенциала оболочек кабеля по отношению к земле, а также плотности стекающего в землю тока в анодной зоне изложены в гл. 5. Инструкции по эксплуатации силовых кабельных линий [Л. 3]. Чтобы установить максимальные значения блуждающих токов, измерение следует проводить в часы наиболее интенсивного движения электрифицированного транспорта.

Предварительные измерения с целью обнаружения блуждающих токов на оболочках кабельных линий, проложенных в земле, учитывая сложность производства разрытия дорогостоящих усовершенствованных дорожных покрытий, можно производить из трансформаторных пунктов, расположенных в зоне электрифицированных путей, тяговых подстанций и ремонтных депо. Измерительные приборы при этом включаются одним полюсом к контуру заземления, с которым металлические оболочки кабельных линий соединены электрически, а вторым полю-

сом — к заземлителю (колу заземления), забиваемому в землю на расстоянии 7—10 м от ТП. В остальных случаях для измерения блуждающих токов роются специальные небольшие котлованы длиной 1 м и шириной 0,7 м, через 100—300 м по исследуемой трассе прокладки линии. Измерение блуждающих токов на кабельных линиях, проложенных в блочной канализации, производится в каждом смотровом колодце исследуемой трассы, где обычно размещаются соединительные муфты.

По результатам измерений эксплуатирующая кабельные линии организация проводит следующие мероприятия:

а) производит выявление зон опасных для кабельных линий в отношении электрической коррозии и составляет карту анодных зон;

б) организует наблюдение за состоянием кабельных линий путем производства систематических измерений в контрольных пунктах;

в) делает анализ причин повреждаемости кабельных линий при профилактических испытаниях и в работе, а также выявляет случаи повреждения кабельных линий по причине коррозии;

г) производит монтаж изолирующих муфт из эпоксидного компаунда в случае надобности для разрыва цепи блуждающего тока по металлическим оболочкам кабельной линии.

В частности, на всех кабелях, выходящих за пределы сооружения метрополитена, должны быть установлены изолирующие муфты, препятствующие выносу потенциала и блуждающих токов по оболочкам кабелей.

д) делает соединение металлических оболочек кабельных линий между собой в целях уменьшения плотности блуждающего тока.

Для защиты кабелей от блуждающих токов и снижения положительных потенциалов на оболочках кабелей применяют также следующие способы:

-электрического дренажа, заключающийся в отводе блуждающих токов из оболочек кабеля к источнику (рельсы или непосредственно отрицательные шины трамвайной подстанции);

-катодной поляризации, при которой защита осуществляется тем, что металлическим оболочкам кабельных линий сообщается отрицательный потенциал от постороннего источника тока;

-протекторной защиты, заключающийся в использовании металла (цинк, магний и др.), обладающего в данной коррозионной среде более отрицательным электрохимическим потенциалом, чем потенциал металлических оболочек кабеля, и способного при разложении генерировать электрический ток.

Металлические оболочки кабельных линий, проложенных в земле, подвергаются также опасности разрушения действующими на них веществами, содержащимися в почвах, в результате так называемой электрохимической коррозии. Интенсивность разрушения оболочек в этом случае зависит от состава грунта, доступности влаги и воздуха (аэрации). Кислые болотистые грунты и солончаку, продукты перегноя, щелочь, известь, хлориды, наличие которых является результатом завала трассы линий строительным мусором, содержащим известь, золу, шлак, а также расположение трассы кабельных линий вблизи известковых творильных ям создают благоприятные условия для наиболее интенсивной почвенной коррозии металлических оболочек.

Степень коррозионной активности грунтов по отношению в стальной броне кабелей можно оценивать в зависимости от их удельного сопротивления (ом-м): более 100 — считается низкой, от 100 до 20 — средней, от 20 до 10—повышенной, от 10 до 5 — высокой и менее 5 — весьма высокой.

Для лабораторного исследования коррозионных свойств почвы производится отбор пробы почвы в местах:

- где имеется подозрение на агрессивность свойства почвы;
- где наблюдалось разрушение оболочек кабелей коррозией (особенно там, где нет блуждающих токов);
- на трассах вновь прокладываемых кабельных линий.

Отбор проб производится в количестве 1 кг, причем 70% этой пробы берется с глубины заложения кабеля и по 15% со стенок шурфа или траншеи. Все три части перемешиваются и помещаются в закрытую пронумерованную тару, не допускающую загрязнения пробы.

Степень коррозионной активности грунтов по отношению к свинцовой оболочке кабелей оценивается путем сравнения данных анализа пробы грунта с величинами, степень коррозионной активности грунтов по отношению к алюминиевой оболочке кабелей в Правилах защиты подземных металлических сооружений от коррозии (СН266-63) отсутствует (Прим. ред.).

Для предотвращения разрушения металлических оболочек в результате почвенной коррозии необходимо:

- обеспечить правильный выбор трассы прокладки в процессе проектирования кабельной линии;

- не допускать загрязнения трассы кабельных линий всякими видами отходов и отходов, действующих разрушающе на металлические оболочки кабелей;

- при необходимости на действующих трассах кабельных линий произвести замену грунта химически нейтральной по отношению к оболочкам кабелей землей;

- переложить кабели из зон, содержащих агрессивные почвы, в другую трассу, с неагрессивной средой;

- проложить кабельные линии в изолирующих трубах, кабельном помещении, тоннеле, коллекторе;

- проложить на участке, где металлические оболочки кабельных линий подвержены почвенной коррозии, кабели специальной конструкции, со специальными антикоррозийными покрытиями, или кабели в пластмассовой оболочке.

Для контроля за состоянием металлических оболочек на совмещенном плане кабельных линий и других подземных сооружений, а также рельсовой сети, на которых нанесены выявленные измерениями анодные и катодные зоны, отмечаются также участки и трассы кабельных линий с агрессивными грунтами. Оценка опасности как почвенной — электрохимической, так и от блуждающих токов электрифицированного транспорта — электролитической коррозии производится на основании указанных выше способов измерения разности потенциалов, величины, направления и поверхностной плотности тока, стекающего с оболочек кабеля на землю.

Результаты исследований повреждаемости кабельных линий при профилактических испытаниях или в работе, проводимых на кабелях в процессе ремонта, позволяют установить при-



чину повреждения кабельной линии по характерным признакам, присущим коррозии.

### **Вопросы для повторения:**

1. Какие требования предъявляют к кабельным линиям электропередач?
2. Как определяют максимальные токовые нагрузки?
3. Как определяют место повреждения на кабельной линии?
4. Как измеряют блуждающие токи?

### **1.11 Монтаж и ремонт воздушных линий электропередач**

План занятий:

1. Основные сведения о воздушных линиях
2. Приемка воздушных линий в эксплуатацию.
3. Осмотры воздушных линий
4. Измерения и проверки на линиях, охрана линий.

### **Эксплуатация и ремонт воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 в.**

#### **Общие положения**

Для того, чтобы обеспечить нормальную работу воздушных линий электропередач, необходимо своевременно проводить соответствующие работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования. Задачи эксплуатации могут быть решены при выполнении следующих условий:

- 1) соблюдении допустимых режимов работы ВЛ по токам нагрузки;
- 2) постоянном наблюдении за ВЛ (осмотры линий);
- 3) проведении измерений и профилактических испытаний;
- 4) проведении планово-предупредительных ремонтов;
- 5) ведении технической документации;

б) тщательном расследовании причин аварий и разработке мероприятий по их устранению.

На ВЛ напряжением до 1000 В применяются деревянные опоры из антисептированной древесины, деревянные на железобетонных или деревянных (антисептированных) приставках и железобетонные. Опоры рассчитывают по предельным механическим нагрузкам, возникающим в нормальных режимах работы ВЛ. Расчетные сочетания механических нагрузок определяют в соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП).

В местах, где есть опасность наезда транспорта на опоры, их защищают отбойными тумбами. На каждой алюминиевых проводов опоре на высоте 2,5—3,0 м от земли пишут порядковый номер и год ее установки. Расположение проводов на опоре не зависит от района климатических условий. Нулевой провод, как правило, располагают ниже фазных проводов. Провода наружного освещения прокладывают совместно с проводами ВЛ, по располагают под нулевым проводом.

Расстояние между проводами устанавливают в зависимости от района гололедности и длины пролета. Так, на ВЛ в I, II и III районах гололедности вертикальное расстояние между проводами на опорах должно быть не менее 40 см, а горизонтальное при пролетах более 30 м — не менее 30 см.

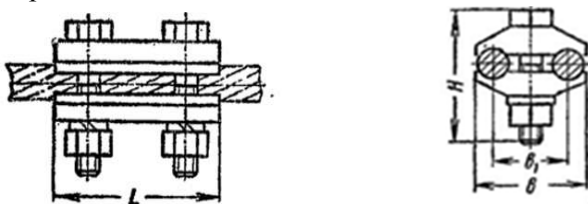


Рис. 46. Болтовой и плосечный зажим для алюминиевых и сталеалюминевых проводов.

Горизонтальное расстояние между проводами при спусках на опорах должно быть не менее 15 см, а расстояние от провода до элементов опоры — не менее 5 см. Допускается совместно подвешивать на опорах провода сети напряжением 380/220 В с проводами радиотрансляционной сети. При этом провода ВЛ располагают над проводами радиотрансляции и расстояние от

нижнего провода ВЛ до верхнего провода радиотрансляции должно составлять не менее 1,5 м, а в пролете— не менее 1,0 м. В пролете допускается пересечение проводов ВЛ с проводами связи. Провода ВЛ должны быть расположены выше и иметь двойное крепление.

При наибольшей стреле провеса расстояние от проводов до поверхности земли в проезжей части улиц и дорог должно быть не менее 6 м. На ответвлениях к вводам в здания расстояние от проводов до тротуара и пешеходных дорожек может быть уменьшено до 3,5 м.

рели невозможно соблюсти указанные расстояния, у здания устанавливают дополнительную опору.

Не допускается тянуть провода над зданиями, за исключением спусков к вводам. Наименьшие допустимые расстояния по горизонтали и вертикали от ВЛ до ближайших сооружений нормируются правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

При прохождении ВЛ по лесным массивам и зеленым насаждениям просеку вырубать необязательно. При этом вертикальные и горизонтальные расстояния от проводов при наибольшей их стреле провеса или наибольшем отклонении до деревьев, кустов и прочей растительности должны быть не менее нормируемых ПУЭ.

**Провода.** Для ВЛ применяются главным образом алюминиевые провода. При небольших электрических нагрузках находят применение стальные одно- и многопроволочные провода. По условию механической прочности в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) могут применяться алюминиевые провода сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>, сталеалюминиевые сечением не менее 10 мм<sup>2</sup> и оцинкованные стальные одно- проволочные провода диаметром 4—5 мм. Сечение стальных многопроволочных проводов должно быть не менее 25 мм<sup>2</sup>. На ответвлениях к вводам разрешается применять оцинкованные провода марки ПСОЗ и изолированные провода АВТ1, АВТ2 и АПР.

**Соединение проводов.** Однопроволочные провода соединяют скруткой с последующей пайкой. Многопроволочные провода в пролете следует соединять при помощи специальных унифицированных скручиваемых овальных соединителей или болтовых плашечных зажимов типа ПАБ-1-1 и ПАБ-2-1 (рис.

47). Провода из разных материалов или разных сечений можно соединять только на опорах при помощи переходных зажимов. Эти соединения не должны испытывать механических усилий.

На ответвлениях провода можно присоединять к магистральной линии бандажной вязкой, прессуемыми зажимами ОАС или скруткой. Чтобы контакт был надежный, бандажную вязку подвергают пропайке.

Провода марок АС 10—АС95 имеют однопроволочный стальной сердечник. Из-за значительной жесткости стального сердечника соединение этих проводов овальным соединителем с обжатием получается недостаточно прочным. Поэтому провода марок АС 10—АС185 и А16—А95 соединяют при помощи скручиваемых овальных соединителей типа СОАС-Х-2А, где под х понимается сечение провода: 10, 16 мм<sup>2</sup> и т. д. Монтаж соединителей выполняют при помощи приспособлений МИ-189А (для проводов сечением от 10 до 35 мм<sup>2</sup>) и МИ-230А (для проводов сечением от 50 до 185 мм<sup>2</sup>).

Непосредственно перед монтажом овальные соединители подготавливают:

- 1) внутреннюю и наружную поверхность соединителя очищают от грязи тряпкой, смоченной в бензине;
- 2) стальным ершом под слоем защитной смазки ЗЭС или технического вазелина зачищают внутреннюю поверхность до появления металлического блеска.

Концы соединительных проводов, равные полуторной длине соединителя, тщательно очищают от грязи. Подготовку проводов, соединителей и само соединение проводов нужно выполнять достаточно быстро.

Слой окиси удаляют стальной щеткой под защитной смазкой не только с проволоки верхнего повива, но и с последующих проволок. Зачистку продолжают до появления металлического блеска, после чего излишки смазки и металлические опилки удаляют с поверхности проволоки чистой сухой тряпкой, а сами проволоки скручивают в повивы. Дальнейший монтаж выполняют при помощи соединителя (рис. 2).

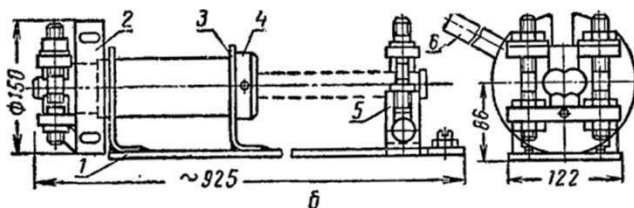


Рис. 47. Соединение проводов методом скрутки:

а — выполненное соединение; б — приспособление для скручивания соединителя; 1 — корпус; 2 — передняя головка; 3 — движок; 4 — упор; 5 — задняя головка; 6 — рычаг

Для повышения качества и надежности присоединения ответвлений, выполненных стальными проводами ПСОЗ и ПСО4, к магистралям, выполненным алюминиевыми проводами А16—А50 или биметаллическими БСЛ10—БСА25, используют прессуемые зажимы типа ОАС-1 (рис. 3). Вводы в здания из изолированных алюминиевых проводов сечением 2,5—10 мм<sup>2</sup> присоединяют к ответвлениям из стальных проводов Г1СОЗ или ПСО4 при помощи аналогичных зажимов типа ОАС-2.

Опоры. Средний срок службы опор из непропитанной древесины 4—5 лет (сосна), из пропитанной 12—20 лет. Опоры изготавливаются из бревен не ниже третьего сорта. Минимально допустимый диаметр в верхнем отрубе 14, а для вспомогательных элементов опор 12 см. Стойку с приставкой соединяют болтами, хомутами или проволочными баидажами из стальной оцинкованной проволоки диаметром 4 мм (12 витков) или неоцинкованной 5—6 мм (8 витков), защищенной стойким антикоррозийным покрытием. Соединение стойки с подкосами и деревянных приставок с ригелями выполняют при помощи болтов. Железобетонные приставки с ригелями соединяют при помощи шпилек.

Железобетонные опоры не подвергаются загниванию и коррозии. Эксплуатация их значительно проще. По способу уплотнения бетона опоры делятся на вибрируемые и центрифугированные, по состоянию арматуры — на опоры с ненапряженной, с частично напряженной и полностью напряженной арматурой.

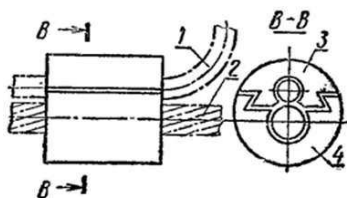


Рис. 48. Общий вид зажима ОЛС:

1 — провод ответвления; 2 — провод магистрали;

3 — верхняя половина зажима; 4 — нижняя половина зажима

Как и деревянные, так и железобетонные опоры изготавливают типовыми, рассчитанными на подвеску пяти проводов сечением до  $50 \text{ мм}^2$  и четырех проводов радиотрансляции. Выполняют их, как правило, одностоечными. Все типы опор в обычных грунтах закрепляют без специальных фундаментов. Расчет проводов, изоляторов и арматуры ВЛ выполняют по допустимым напряжениям от воздействия нагрузок, определяемых механическим и электрическим расчетом ВЛ. Изоляторы, крюки, штыри должны иметь запас прочности по отношению к разрушающей нагрузке.

**Изоляторы.** На ВЛ применяются одно- и многошейковые штыревые изоляторы (ШФН-1, ШФН-2, ШФН-3, ШФН-4, ТФ-12, ТФ-16, ТФ-20, РФ-10, РФО-12, РФО-16). В последние годы широкое применение находят изоляторы из закаленного стекла (НС-16, НС 18).

К траверсам и стойкам опор изоляторы крепят при помощи крюков или штырей (крюки К.Н-12—КН-20, штыри С-12—С-16, Д-12—Д-16).

Изоляторы прочно навертывают на крюки или штыри с паклей, пропитанной суриком на олифе. Применяется также насадка на специальные пластмассовые колпачки. Для предохранения от коррозии крюки, штыри, металлические части траверсы кронштейнов окрашивают асфальтовым лаком.

Провода на штыревых изоляторах крепят проволочными вязками или специальными зажимами. Вязальная проволока должна быть из такого же материала, что и провод ВЛ. Диаметр стальной вязальной проволоки должен быть не менее  $2\text{--}2,7 \text{ мм}$ , алюминиевой —  $2,5\text{--}3,5 \text{ мм}$ .

На железобетонных опорах в сетях с изолированной нейтралью крюки и штыри фазных проводов заземляют, а в сетях с заземленной нейтралью соединяют с нулевым проводом. На ВЛ с деревянными опорами крюки и штыри, как правило, не заземляют. Заземляющий спуск на опоре выполняют проводом диаметром не менее 6 мм. Сопротивление заземляющих устройств должно быть не более 30 Ом для ВЛ напряжением 380/220 В и 60 Ом для сети напряжением 220/127 В. Через каждые 200 м осуществляют повторные заземления нулевого провода ВЛ. Кроме того, повторные заземления выполняют на конечных опорах и на ответвлениях к вводам в помещения, где возможно сосредоточение большого числа людей.

К заземлителем заземляющие провода присоединяют на глубине на 0,5 м от уровня земли, используя сварку внахлестку. Длина нахлестки должна составлять не менее двойной ширины прямоугольного заземляющего проводника. Заземляющие провода к нулевому проводу присоединяют болтами.

#### **Приемка линий в эксплуатацию**

По окончании работ по сооружению ВЛ руководство предприятия электросетей назначает рабочую комиссию по приемке ВЛ в эксплуатацию. В состав комиссии входят представители предприятия электросетей, подрядчика, субподрядчика, проектной организации, а также других заинтересованных организаций. Рабочая комиссия представляет следующие технические документы:

- 1) рабочий проект ВЛ с изменениями, внесенными в процессе строительства;
- 2) исполнительную схему сети с указанием марок и сечений проводов, типов опор, защитных заземлений, средств грозозащиты и т. д.;
- 3) акты осмотров переходов и пересечений;
- 4) акты на скрытые работы по устройству заземлений и заглублений опор;
- 5) протоколы измерений сопротивления заземлителей;
- 6) паспорт линии.

Непосредственно перед сдачей в эксплуатацию вновь сооруженной или вышедшей из капитального ремонта ВЛ проверяют следующее:

- 1) техническое состояние и соответствие линии проекту;
- 2) равномерность распределения нагрузки по фазам;
- 3) заземляющие и грозозащитные устройства;
- 4) стрелы провеса и расстояния до земли и на пересечениях.

После принятия ВЛ рабочей комиссией и ликвидации всех недоделок ВЛ представляют Государственной приемочной комиссии, назначаемой районным энергетическим управлением.

Государственная приемочная комиссия на основании осмотра воздушной линии, актов рабочей комиссии, технической документации и ряда других дополнительных документов определяет качество работ, соответствие их проекту и возможность сдачи ВЛ в эксплуатацию. После включения ВЛ под напряжение и нормальной работы ее в течение суток Государственная приемочная комиссия подписывает акт приемки ВЛ в эксплуатацию.

#### **Соблюдение режимов работы линии по токам нагрузки**

Провода воздушных линий при протекании по ним электрического тока нагреваются. Правилами устройств электроустановок установлена предельно допустимая температура голых проводов при длительном протекании тока, равная  $70^{\circ}\text{C}$ . Для проводов ВЛ предусмотрены длительно допустимые токовые нагрузки  $I_n$ , рассчитанные из условия равенства температуры окружающей среды  $25^{\circ}\text{C}$  (длительно допустимые токовые нагрузки голых проводов на открытом воздухе приводятся в ПУЭ и ПТЭ).

Если температура окружающей среды отличается от  $+25^{\circ}\text{C}$ , длительно допустимую нагрузку  $I_t$  определяют с учетом поправочного коэффициента:

$$I_t = kI_n; \quad k = \sqrt{\frac{t_{np} - t_{окр}}{t_{np} - 25}},$$



Предельно допустимые токовые нагрузки допускаются только в аварийных случаях. Во всех остальных случаях ток должен быть не более рабочего максимального, взятого в качестве исходного параметра при расчете и выборе проводов низковольтной сети. Режим напряжения линии контролируется на вторичных зажимах трансформатора (на вводах потребителя). При отклонении напряжения выше допускаемого пользуются переключателем трансформатора (в отключенном состоянии).

### **Осмотры воздушных линий**

В процессе эксплуатации воздушных линий проводят периодические и внеочередные осмотры. К периодическим осмотрам относятся дневные, ночные, верховые и контрольные.

Дневные осмотры проводят для проверки состояния элементов ВЛ и ее трассы. При этом подтягивают бандажи, восстанавливают нумерацию опор. Элементы линии, недоступные для осмотра с земли невооруженным глазом, монтер-обходчик осматривает в бинокль. Ночные осмотры ВЛ проводят для выявления свечения или искрения в местах неплотных соединений, а также для выявления дефектных ламп уличного освещения.

При выполнении дневных и ночных осмотров линии обходчик не поднимается на опоры и линия не отключается.

Однако не все дефекты могут быть выявлены в результате осмотра с земли. Поэтому не реже одного раза в шесть лет проводят верховой осмотр воздушных линий. Линию при этом отключают и заземляют. Во время верхового осмотра проверяют крепление изоляторов и арматуры, степень загрязнения изоляторов, состояние верхних частей опор, состояние соединений проводов и т. д.

Для контроля работы персонала, обслуживающего ВЛ, проверки выполнения противоаварийных мероприятий, проведения оценки состояния ВЛ и их трасс инженерно-технический персонал проводит выборочные контрольные осмотры линий.

Внеочередные осмотры воздушных линий электропередачи проводят при наступлении гололеда, сильных морозов (ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ), после ледохода, разлива рек, при лесных и степных пожарах, а также после автоматического отключения линии.

Периодичность проводимых осмотров приведена в таблице 1.

Таблица 1

Наименование осмотров воздушных линий	Периодичность осмотров	Исполнитель
Дневной	Не реже 1 раза в 6 месяцев	Электромонтер, квалификационная группа не ниже 2
Ночной	По мере необходимости	То же
Верховой	Не реже 1 раза в 6 лет	Электромонтер, квалификационная группа не ниже 3
Контрольный	Не реже 1 раза в год	ИТР, квалификационная группа не ниже 4
Внеочередные	—	Назначается • главным инженером РЭС

При проведении периодических осмотров обращают внимание на следующее:

- а) чистая ли трасса, касаются ли проводов ветви деревьев;
- б) наличие ожогов, трещин, боя изоляторов, обрывов проводов, целостность вязок, регулировку проводов;
- в) состояние опор и крен их вдоль и поперек линии, целостность бандажей и заземляющих устройств;
- г) состояние соединителей, наличие набросов, следов перекрытий;
- д) состояние вводных ответвлений и предохранителей.

Все повреждения, нарушения, обнаруженные во время осмотров, заносят в листок осмотра.

#### **Измерения и проверки на линиях**

В процессе проведения осмотров воздушных линий выявляются не все неисправности. Поэтому существующими правилами технической эксплуатации предусмотрено проведение следующих проверок и измерений:

- проверка состояния деревянных опор с определением степени загнивания отдельных деталей — не реже одного раза в три года;
- измерение сопротивлений заземлений — не реже 1 раза в 6 лет;
- проверка состояния железобетонных опор и приставок с выборочным вскрытием грунта в зоне переменной влажности — один раз в 6 лет;
- измерение расстояний от проводов ВЛ до пересекаемых сооружений и до земли — во всех случаях, когда возникают сомнения в соответствии требуемых расстояний.

Загнивание разных частей деревянных опор возникает и развивается неодинаково. Загнивание древесины быстро развивается при влажности 30—60%. Такая влажность наблюдается в подземной части пасынков, торцах деталей опор и местах сопряжения деталей, где долго задерживается влага. Поэтому степень загнивания древесины опоры и приставки определяют на глубине 30—40 см ниже уровня земли, на уровне земли, на траверсе, у верхних бандажей в местах закрепления раскосов и распорок.

Наиболее часто происходит поверхностное круговое загнивание опоры. Иногда только с одной стороны, обращенной на север, которая большую часть времени находится в тени. Реже древесина гниет с ядра ствола.

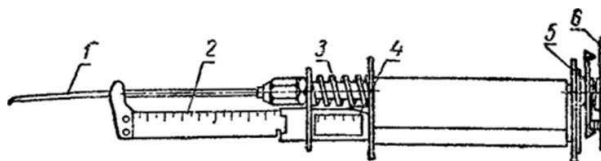


Рис. 49. Прибор для измерения глубины загнивания древесины при помощи бура: 1 — бур; 2 — рейки со шкалой; 3, 5 — пружины; 4, 6 — шкалы.

В деталях опор гниение происходит вдоль трещин, где влага долго держится из-за плохого проветривания.

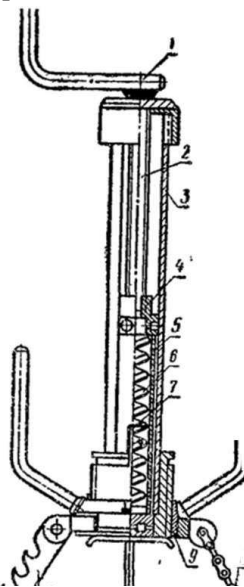
По глубине и характеру распространения загнивания может быть определен эквивалентный диаметр оставшейся здоровой части древесины и решен вопрос о необходимости замены той или иной детали.

Проверка древесины на загнивание состоит из внешнего осмотра и простукивания деталей по всей их длине, а также измерения глубины загнивания в опасном сечении и измерении глубины трещин.

Внешним осмотром выявляют поверхностные очаги загнивания (круговые или местные), трещины. При простукивании молотком (весом не более 0,4 кг) по звуку выявляют наличие внутреннего загнивания.

После определения опасного сечения, наиболее подверженного гниению, измеряют глубину загнивания. Ее определяют специальными пружинными приборами или при отсутствии таковых щупом или буравчиком. Щуп — заостренный пруток или шило с нанесенными на нем делениями (через 0,5 см). Щуп усилием рук вводят в загнившие слои древесины. Встретив здоровый слой, он задерживается. Глубина проникновения щупа в древесину соответствует глубине загнивания. Щупом можно с достаточной для практики точностью определить глубину только наружного загнивания.

Более точно глубину загнивания определяют буравчиком (рис. 49) или прибором ПД-1 (рис. 50), снабженным иглой. В приборах по ходу погружения иглы в древесину измеряется усилие прокалывания. Границу здоровой древесины определяют по резкому увеличению усилия прокалывания.



*Рис. 50. Прибор ПД-1:  
1 – ручка; 2 – винт;  
3 – корпус; 4,9 – гайки;  
5 – внутренний цилиндр;  
6 – пружина; 7 – указатель;  
8 – цепь; 10 – игла;  
11 – ушки*

Степень загнивания деталей, расположенных вертикально или наклонно (стойки, приставки и т. д.), определяют в трех точках по окружности детали, в горизонтально расположенных деталях (траверсы и т. д.) – в двух точках: сверху и внизу напротив первой.

Среднюю глубину поверхностного загнивания в каждом сечении определяют как среднее арифметическое результатов измерений.

Диаметр здоровой части древесины (эквивалентный диаметр)

$$d_3 = D - 2b_{cv},$$

где  $D$ — наружный диаметр детали;  $b_{cp}$ —средняя глубина загнивания.

Детали опоры бракуют, если диаметр здоровой части древесины меньше наименьшего допустимого в эксплуатации, определяемого расчетом. Наименьшие допустимые диаметры основных деталей опор высотой 7,2 м для линии электропередачи, несущей до 9 проводов (пять проводов марки АС50 и четыре провода марки ПС04), приведены в таблице 2.

В целях упрощения расчета эквивалентного диаметра условно принимают, что при любой форме внутреннего загнивания древесины здоровая часть ее в сечении представляет собой либо круговое кольцо с полным внутренним загниванием (с ядром загнивания в центре), либо круговое кольцо со здоровым ядром в центре (неполное внутреннее загнивание).

По результатам измерений вычисляют среднюю толщину наружного здорового слоя  $b_{cp}$ , среднюю толщину гнилого слоя древесины  $b_{cp}$  и диаметр здоровой сердцевины  $d_3$

Момент сопротивления загнившей детали, имеющей сечение в виде кольца, составляет

$$W_1 = \frac{\pi}{32} \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right),$$

где  $D$ — наружный диаметр кольца;  $d$ —внутренний диаметр кольца.

Момент сопротивления на изгиб круга  $I^2=0,Id'$ .

Эквивалентный диаметр загнившей древесины определяют путем подбора равнопрочной круглой детали с вполне здоровой древесиной по всему сечению.

Как показали испытания, момент сопротивления деталей при полном внутреннем загнивании снижается вследствие старения и прочих скрытых дефектов. Поэтому вводят поправочный коэффициент, учитывающий это ослабление прочности древесины и эквивалентный диаметр определяют по формуле

$$d_3 = K \sqrt[3]{\frac{D^4 - d^4}{D}}$$

Значение коэффициента  $K$  определяют в зависимости от толщины стенки здорового слоя (табл. 3).

Отбраковку, как и при наружном загнивании, делают путем сравнения диаметра равнопрочного сечения (эквивалентного диаметра) с минимально допустимым Диаметр для данной детали.

Толщина стенки здорового слоя $f_{cp}$ , см	Поправочный коэффициент $K$
2	0,7
3	0,8
4	0,9
5	0,95
6	1,0

При полном внутреннем загнивании и толщине здорового слоя меньше 2 см деталь подлежит немедленной замене. Если эквивалентный диаметр больше расчетного на 2—4 см, деталь остается в эксплуатации с ежегодной проверкой, а при большем превышении эквивалентного диаметра над расчетным — с проверкой через 3 года.

Наличие на древесине сквозных трещин, крупных сучков расценивается как ослабление древесины по внутреннему загниванию на 1—2 см. Ослабление древесины по внутреннему за-

гниванию врубками и притесами расценивается как наружное загнивание на глубину врубков.

При проверке заземляющих устройств их осматривают, измеряют сопротивление. Заземляющие устройства, находящиеся в земле, проверяют выборочно со вскрытием грунта,- Обращают внимание на глубину заложения (не менее 0,5 м, а в пахотной земле 1 м). Размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников должны быть не менее 6 мм, а при прямоугольном сечении не менее 48 мм<sup>2</sup> и т. д. Сопротивление заземляющих устройств следует измерять в периоды наименьшей проводимости почвы: летом — при наибольшем просыхании почвы, зимой — при наибольшем промерзании. Сопротивление заземляющих устройств не должно превышать значение, нормируемое ПУЭ, более чем на 10%.

Сопротивления заземляющих устройств измеряют специальными приборами типа МС-07, МС-08 и М-416. В сетях с занулением для наиболее удаленных электроприемников I раз в 5 лет измеряют сопротивление фаза- нуль. Для надежной работы плавких вставок предохранителей или отключения автоматов при однофазном коротком замыкании в конце линии сопротивление петли фаза-нуль должно быть таким, чтобы возникший ток короткого замыкания превышал по крайней мере в 3 раза номинальный ток плавкой вставки или в 1,4 раза ток отключения мгновенного расцепителя автомата.

При проверке состояния железобетонных опор и приставок их осматривают, измеряют ширину раскрытия трещин, определяют размеры раковин, сколов. На железобетонных опорах допускаются раковины и выбоины размером не более 10 мм (по глубине, ширине, длине) и по количеству не более двух на 1 метр длины. Обнаруженные трещины промазывают полимерцементным раствором и краской.

Стрелы провеса и габариты измеряют во всех случаях, когда их соответствие проектным данным вызывает сомнение.

Габариты ВЛ можно измерять без снятия и со снятием напряжения. Без снятия напряжения измерения делают при помощи теодолита, специальных оптических угломерных приборов или изолирующими штангами.

Простым и удобным прибором для измерения габаритов является также карманный высотомер. Для непосредственного измерения габаритов линий применяются изолирующие штанги: один монтер касается провода линии концом штанги, другой замеряет расстояние от нижнего конца штанги до земли.

Со снятием напряжения расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли измеряют при помощи веревки, рулетки или рейки. Расстояние по горизонтали от проводов до строений, деревьев и других предметов, расположенных вблизи линий, измеряют непосредственно. Стрелы провеса измеряют угломерными приборами либо путем глазомерного визирования, фактически стрела провеса может отличаться от нормируемой не более чем на 5%.

Стрелы провеса и габариты линии не рекомендуется измерять при скорости ветра, превышающей 8—10 м/с.

### **Охрана линий**

Повреждения на ВЛ чаще всего возникают вследствие недопустимого приближения к проводам различных механизмов, из-за набросов и т. д. Для обеспечения сохранности ВЛ и предотвращения несчастных случаев с людьми Совет Министров СССР утвердил «Правила охраны электрических сетей напряжением до 1000 вольт».

Этими правилами установлены охранные зоны и минимально допустимые расстояния между линиями электропередачи и ближайшим зданиями, сооружениями, а также зелеными насаждениями.

Для воздушных линий электропередачи (за исключением ответвлений к вводам в здания) охранный зона представляет собой полосу, ограниченную параллельными прямыми, отстоящими от проекций крайних проводов на поверхность земли на 2 м с каждой стороны. Для кабельных линий электропередачи охранный зона — это полоса, ограниченная параллельными прямыми, отстоящими от крайних кабелей на 1 м с каждой стороны, а при прохождении под тротуарами — на 0,6 м в сторону здания и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

В пределах охранных зон линий, без согласия эксплуатационной организации, запрещается:



а) проводить строительные и монтажные работы, устраивать спортивные площадки для игр, складировать корма, топливо и другие материалы;

б) устраивать проезды для машин и механизмов, имеющих общую высоту от поверхности земли более 4,5 м, а также стоянке автомобильного и гужевого транспорта.

Запрещается выполнять всякого рода действия, которые могут привести к повреждениям линии, и в частности осуществлять набросы на провода, привязывать и приставлять к опорам посторонние предметы, влезать на опоры.

Выполнять работы вблизи воздушных линий электропередачи с использованием различного рода механизмов допускается при условии, если расстояние по воздуху от механизмов или от выдвижной их части до ближайшего провода, находящегося под напряжением, не менее 1,5 м. На автомобильных дорогах в местах пересечения с линией электропередачи с обеих сторон устанавливают сигнальные знаки, указывающие допустимую высоту движущегося транспорта с грузом.

Порядок эксплуатации линий электропередачи на территории промышленных предприятий организация, эксплуатирующая ВЛ, согласовывает с администрацией промышленных предприятий.

Для предупреждения повреждений ВЛ предприятия электрических сетей должны сделать следующее:

а) ознакомить руководство предприятий, расположенных в зоне электросетей, с правилами охраны электрических сетей,-

б) оказывать помощь в проведении инструктажа о правильной организации работ вблизи ВЛ среди рабочих указанных предприятий;

в) разъяснять учащимся опасность и недопустимость детских игр под проводами ВЛ, рассказывать об ущербе, который может нанести отключение ВЛ.

### **Техника безопасности при проведении работ на воздушных линиях**

Работы на воздушных линиях с точки зрения условий безопасности особо опасны по следующим причинам:

работы, как правило, связаны с подъемом на опоры на большую высоту;

работы часто проводятся под напряжением или вблизи других действующих линий;

рабочее место не является постоянным, что затрудняет контроль за соблюдением правил техники безопасности со стороны инженерно-технического персонала, а также доставку и проверку нужных защитных средств.

Все лица, обслуживающие линии, должны пройти медицинское обследование и иметь разрешение на работу на высоте. Они проходят соответствующее обучение и проверку знаний по технике безопасности. Им необходимо иметь практические навыки безопасных методов работы, знать приемы освобождения пострадавшего из-под напряжения, приемы искусственного дыхания и правила оказания первой помощи.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, не допускаются к работе на высоте, под напряжением, к рубке и валке деревьев и к пропитке древесины антисептиками.

Работы на воздушных линиях в отношении мер безопасности подразделяются на следующие категории:

- а) работы на отключенных линиях;
- б) работы на линиях, находящихся под напряжением;
- в) работы на отключенных линиях, когда провода других линий, подвешенных на опорах этой линии, остаются под напряжением;
- г) работы на линиях под напряжением до 1000 В при подвеске их проводов на опорах линий напряжением выше 1000 В;
- д) работы вблизи других действующих линий.

На ВЛ можно работать только при проведении необходимых организационных и технических мероприятий, обеспечивающих безопасность. Как правило, кроме случаев, оговариваемых правилами техники безопасности, работы на воздушных линиях должны выполнять не менее двух человек.

Организационные мероприятия состоят из оформления наряда или распоряжения (письменное или устное), допуска к работе, надзора во время работы и оформления окончания работы.

Оформление работы нарядом или распоряжением подтверждает необходимость ее выполнения, возможность создания безопасных условий труда и достаточность квалификации лиц, выполняющих работу. По наряду выполняют работы на неотключенных линиях с подъемом на опору выше 3 м от земли.

К техническим мероприятиям относятся отключение напряжения, принятие мер от случайной подачи напряжения, вывешивание плакатов «Не включай — работают люди», проверка отсутствия напряжения и наложение заземлений.

При выполнении работ с полным снятием напряжения напряжение отключают рубильниками, автоматами, разъединителями, предохранителями с созданием видимого разрыва со всех сторон возможной подачи напряжения. После этого снимают предохранители в цепях оперативного тока управления коммутационной аппаратурой (предохранители, накладки) или устанавливают блокирующие устройства — листы изоляционного материала и т.д. Вывешивают плакаты, запрещающие подачу напряжения. При помощи указателей напряжения убеждаются в отсутствии напряжения на отключенной линии и только после этого накладывают заземляющее устройство (включают заземляющие разъединители, ножи и т. п.).

При работе на линии переносное заземление накладывают на опоре, ближайшей к месту проведения работ. При работах, связанных с нарушением целостности проводов, заземление устанавливают с двух сторон участка работ. Наложение, крепление и снятие заземления выполняют в диэлектрических перчатках или при помощи изолирующих штанг.

На деревянных или железобетонных опорах с заземляющим спуском заземление присоединяют к этому спуску; если его нет, — к искусственному заземлению, забитому в землю металлическому стержню, буру, ввернутому на глубину 0,5—1,0 м. На ВЛ с заземленной нейтралью переносные заземления на месте работ допускается присоединять к нулевому проводу.

Если линию осматривает один человек, он работает без наряда, но не поднимаясь на опоры. Осматривающий должен считать линию под напряжением, так как даже на отключенную линию в любой момент может быть подано напряжение. При обходе в темное время суток следует идти по краю трассы, что-

бы случайно не наступить на оборванный провод. Обнаружив оборванный провод, осматривающий может убрать его, пользуясь изолирующими средствами.

Перед подъемом на опору необходимо убедиться в прочности ее основания. Если основание опоры подгнило более чем на 2,5—3,0 см по радиусу, на нее запрещается подниматься, не закрепив ее предварительно оттяжками.

На опору разрешается подниматься только с применением когтей или специальных приспособлений. При работе на опоре следует всегда стоять на обеих ногах, закрепившись на ней цепью монтерского пояса. Предохранительные пояса, монтерские когти, страхующие канаты проверяют каждые 6 месяцев.

На угловые одностоечные опоры не разрешается подниматься со стороны внутреннего угла. Нельзя также влезать и работать на той стороне, с которой натягивается провод.

На опору со значительным наклоном нельзя подниматься до ее выпрямления и закрепления в грунте. Перед подъемом на опору необходимо проверить исправность предохранительного пояса, когтей, диэлектрических перчаток, инструмента с изолированными рукоятками, приспособлений и т. п.

При работах без снятия напряжения с подъемом до верха опоры большое значение для безопасности имеет одежда. Она должна быть удобной, не стеснять движений, ее следует застегнуть на все пуговицы, а рукава опустить и застегнуть у кистей рук.

Особую осторожность необходимо соблюдать при работах на опорах с совместной подвеской проводов линий до 1000 В и радиотрансляции, линий до 1000 и свыше 1000 В, а также при наличии параллельных линий электропередачи напряжением выше 1000 В.

При работах, на которых не исключена возможность касания или приближения на опасное расстояние к проводам другой действующей линии напряжением выше 1000 В, эту действующую линию необходимо отключить и заземлить вблизи места проведения работ. Если ведется раскатка провода по земле в зоне влияния другой линии напряжением выше 1000 В, провод должен быть заземлен. Особую опасность представляют работы на переходах и пересечениях. В этом случае все работы выполняют по наряду и

принимают специальные меры, предотвращающие случайное прикосновение к проводам пересекаемых линий.

### **Вопросы для повторения:**

1. Каковы общие требования к воздушным линиям напряжением до 1000 В?
2. Какие существуют способы соединения проводов на линиях электропередачи?
3. Каковы требования к деревянным и железобетонным опорам?
4. Как определяют длительно-допустимые нагрузки на провода?
5. Расскажите о видах осмотров, их назначении и периодичности.
6. На что следует обращать внимание при осмотрах линии?
7. Как определяют степень загнивания и эквивалентный диаметр здоровой части древесины?
8. Где делают повторные заземления нулевого провода и зачем?
9. Как проверяют заземляющие устройства?
10. В чем заключается проверка состояния железобетонных опор и приставок?
11. Как измеряют габариты воздушных линий?
12. Что вы знаете об охране линий?
13. Как осуществляется приемка ВЛ в эксплуатацию?
14. Кто допускается к работе на высоте?
15. В чем заключается опасность работы на ВЛ?
16. На какие категории по степени опасности подразделяются работы на ВЛ?
17. Что относится к организационным и техническим мероприятиям техники безопасности?

## 1.12. Монтаж и ремонт защитного заземления и зануления

План занятий:

1. Заземляющее устройство.
2. Защитное заземление и зануление электроустановок.
3. Обозначения системы заземления.

### **Заземляющее устройство потребительских установок**

Защитное заземление — одна из наиболее распространенных мер защиты людей и животных от поражения электрическим током. По расположению относительно места нахождения заземляемого оборудования заземляющие устройства бывают выносные или контурные. Заземлители изготавливают из угловой стали, металлических труб и стержней, стальных полос и т. д., а заземляющие проводники — из стальной проволоки или шины. В качестве заземляющих проводников могут быть использованы металлические конструкции производственного назначения (каркасы распределительных устройств), стальные трубы проводов, свинцовые и алюминиевые оболочки кабелей и др. Каждый элемент электроустановки, подлежащий заземлению, присоединяют к заземлителю или заземляющей магистрали. Причем заземляющие проводники присоединяют к электрическим машинам и аппаратам болтами. Для заземления машин и аппаратов, установленных на передвижных электрифицированных машинах, используют гибкие провода с наконечником.

Таблица 25.

Электроустановка	Условия заземления	Допустимые значения сопротивления заземляющих устройств Ом
Напряжение ниже 1000В с глухо заземлённой нейтралью	Заземление нейтрали генераторов или силовых трансформаторов	4
	Повторное заземление нулевого провода	10

Продолжение таблицы

	То же, при питании от генераторов или трансформаторов мощностью не более 100кВ*А	30
Напряжение ниже 1000Вс изолированной нейтралью	Заземление электрооборудования	4
	То же, при питании от генераторов или трансформаторов мощностью не более 100кВ*А	10

Заземляющие проводники, прокладываемые открыто, обычно окрашивают в черный цвет. В период эксплуатации наземную часть заземляющих устройств подвергают техническим осмотрам (уходам) „ При этом очищают заземляющие проводники и проверяют целостность цепи заземления. При необходимости разбирают и зачищают контакты в месте соединения заземляющих проводников и электрооборудования, восстанавливают поврежденную окраску элементов заземляющего устройства. Периодичность проведения технических уходов составляет 3 месяца. Кроме этого, два раза в год рекомендуется измерять сопротивление заземляющих устройств в периоды наименьшей проводимости (летом — при наибольшем просыхании почвы и зимой при ее наибольшем промерзании). Допустимые значения сопротивлений приведены в таблице 25.

**Измерение Сопротивления Цепи и Фаза — Нуль.**

В четырехпроводных электрических сетях напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью металлические части электроустановок присоединяют к левому проводу. При пробое изоляции электрооборудования происходит замыкание цепи фаза — нуль, по которой протекает ток короткого замыкания. На пути тока короткого замыкания в цепи фаза — нуль— обмотка трансформатора устанавливают предохранитель или автомат, который отключает поврежденный участок сети-В процессе эксплуатации периодически измеряют полное сопротивление петли фаза — нуль методом вольтметра-амперметра или измерителем сопротивления типа МС-08 или М-416. Изме-

ренное полное сопротивление петли фаза — нуль сравнивают с допустимым, которое определяют по формуле

$$z_{\text{д}} = \frac{U_{\Phi}}{kI_{\text{н}}},$$

где

$U_{\Phi}$ - фазное напряжение трансформатора, В;

$I_{\text{н}}$  - номинальный ток плавкой вставки или уставки автомата, Л;

$k$  -коэффициент прочности для предохранителей  $k = 3$ , для автоматов с электромагнитным расцепителем  $k=1,4$  при  $I_{\text{н}} < 100\text{А}$  и  $k=1,25$  при  $I_{\text{н}} > 100\text{А}$

### **Основные мероприятия по технике безопасности при обслуживании потребительских электроустановок.**

К эксплуатации потребительских установок допускаются электромонтеры, окончившие специальные курсы, имеющие квалификационную группу не ниже третьей и прошедшие инструктаж на рабочем месте. Отвечает за безопасность обслуживания электроустановок руководитель электротехнической службы хозяйства.

Электромонтеры должны иметь защитные средства, рассчитанные на применение в эксплуатируемых электроустановках. К основным защитным средствам, применяемым в установках напряжением до 1000 В, относятся: диэлектрические перчатки, ручной инструмент с изолированными рукоятками и указатели напряжения. Дополнительными защитными средствами в этих установках служат диэлектрические галоши, резиновые коврики, изолирующие подставки.

Перед применением защитных средств их осматривают, обращая внимание на дату предыдущей проверки, убеждаются в их исправности. При проведении работ по техническому обслуживанию и ремонту установок необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, Распоряжение на проведение работ на электроустановках (устное или оформленное нарядом) дает руководитель электротехнической службы хозяйства или лицо его заменяющее с квалификационной группой не ниже



IV. При техническом обслуживании и ремонте электроустановки отключают от питающей сети. Между ножами и губками отключающего рубильника помещают лист изоляционного материала, на рукоятку привода рубильника или автомата вешают плакат: «Не включать, работают люди». Затем убеждаются в отсутствии напряжения при помощи указателя напряжения и накладывают временное переносное заземление. Электропроводки, светильники и другое оборудование, установленное на высоте 2,5 м от пола и выше, обслуживают только с прочных переносных или стационарных лестниц. Все работы под напряжением проводит лицо» имеющее квалификационную группу III и IV. При этом обязательно присутствует второй человек. Перегоревшие плавкие вставки заменяют при отключенном напряжении. В некоторых типах предохранителей допускается заменять плавкие вставки под напряжением, но при снятой нагрузке. Рабочие, обслуживающие электрифицированные машины и механизмы, должны быть проинструктированы по правилам эксплуатации и техники безопасности при работе на установках. Обо всех неисправностях электрооборудования, возникающих в процессе эксплуатации, следует немедленно сообщить дежурному электромонтеру,

#### **Защитное заземление и зануление электроустановок.**

**Заземление электроустановки** — преднамеренное электрическое соединение ее корпуса с заземляющим устройством.

Заземление электроустановок бывает двух типов: защитное заземление и зануление, которые имеют одно и тоже назначение - защитить человека от поражения электрическим током, если он прикоснулся к корпусу электроустановки или других ее частей, которые оказались под напряжением.

**Защитное заземление** - преднамеренное электрическое соединение части электроустановки с заземляющим устройством с целью обеспечения электробезопасности. Предназначено для защиты человека от прикосновения к корпусу электроустановки или других ее частей, оказавшихся под напряжением. Чем ниже сопротивление заземляющего устройства, тем лучше. Чтобы воспользоваться преимуществами заземления, надо купить розетки с заземляющим контактом.

В случае возникновения пробоя изоляции между фазой и корпусом электроустановки корпус ее может оказаться под напряжением. Если к корпусу в это время прикоснулся человек - ток, проходящий через человека, не представляет опасности, потому что его основная часть потечет по защитному заземлению, которое обладает очень низким сопротивлением. Защитное заземление состоит из заземлителя и заземляющих проводников.

Есть два вида заземлителей – естественные и искусственные.

К естественным заземлителям относятся металлические конструкции зданий, надежно соединенные с землей.

В качестве искусственных заземлителей используют стальные трубы, стержни или уголок, длиной не менее 2,5 м, забитых в землю и соединенных друг с другом стальными полосами или приваренной проволокой. В качестве заземляющих проводников, соединяющих заземлитель с заземляющими приборами обычно используют стальные или медные шины, которые либо приваривают к корпусам машин, либо соединяют с ними болтами. Защитному заземлению подлежат металлические корпуса электрических машин, трансформаторов, щиты, шкафы.

Защитное заземление значительно снижает напряжение, под которое может попасть человек. Это объясняется тем, что проводники заземления, сам заземлитель и земля имеют некоторое сопротивление. При повреждении изоляции ток замыкания протекает по корпусу электроустановки, заземлителю и далее по земле к нейтрали трансформатора, вызывая на их сопротивлении падение напряжения, которое хотя и меньше 220 В, но может быть ощутимо для человека. Для уменьшения этого напряжения необходимо принять меры к снижению сопротивления заземлителя относительно земли, например, увеличить количество искусственных заземлителей.

Зануление — преднамеренное электрическое соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением с глухо заземленной нейтралью с нулевым проводом. Это приводит к тому, что замыкание любой из фаз на корпус электроустановки превращается в короткое замыкание этой фазы с нулевым проводом. Ток в этом случае возникает значительно больший, чем при использовании защитного заземления.

Быстрое и полное отключение поврежденного оборудования — основное назначение зануления.

Различают нулевой рабочий проводник и нулевой защитный проводник.

Нулевой рабочий проводник служит для питания электроустановок и имеет одинаковую с другими проводами изоляцию и достаточное сечение для прохождения рабочего тока.

Нулевой защитный проводник служит для создания кратковременного тока короткого замыкания для срабатывания защиты и быстрого отключения поврежденной электроустановки от питающей сети. В качестве нулевого защитного провода могут быть использованы стальные трубы электропроводок и нулевые провода, не имеющие предохранителей и выключателей.

### **Обозначения системы заземления**

Системы заземления различаются по схемам соединения и числу нулевых рабочих и защитных проводников.

Первая буква в обозначении системы заземления определяет характер заземления источника питания:

T — непосредственное соединения нейтрали источника питания с землёй.

I — все токоведущие части изолированы от земли.

Вторая буква в обозначении системы заземления определяет характер заземления открытых проводящих частей электроустановки здания:

T — непосредственная связь открытых проводящих частей электроустановки здания с землёй, независимо от характера связи источника питания с землёй.

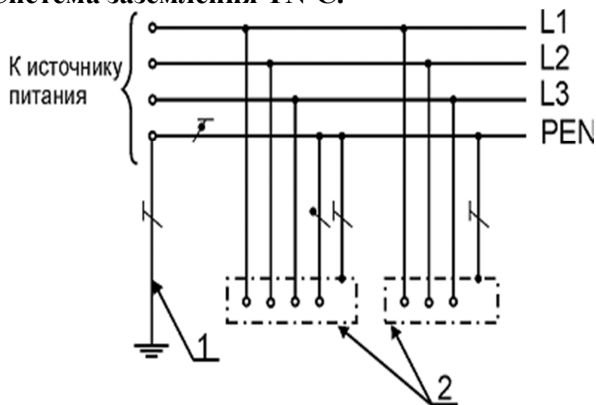
N — непосредственная связь открытых проводящих частей электроустановки здания с точкой заземления источника питания.

Буквы, следующие через чёрточку за N, определяют способ устройства нулевого защитного и нулевого рабочего проводников: S — функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников обеспечиваются одним общим проводником PEN.

S — функции нулевого защитного PE и нулевого рабочего N проводников обеспечиваются отдельными проводниками.

## Основные системы заземления.

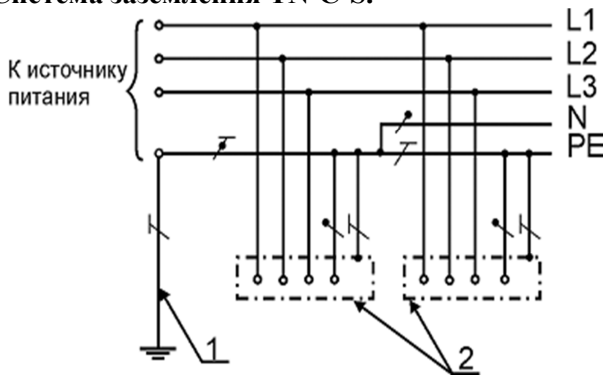
### Система заземления TN-C.



*Рис. 51. Система заземления TN-C*

К системе TN-C относятся трехфазные четырехпроводные (три фазных проводника и PEN- проводник, совмещающий функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников) и однофазные двухпроводные (фазный и нулевой рабочий проводники) сети зданий старой постройки. Эта система простая и дешевая, но она не обеспечивает необходимый уровень электробезопасности.

### Система заземления TN-C-S.

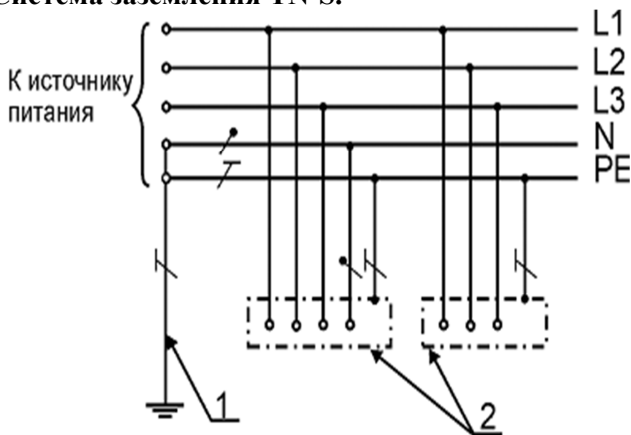


*Рис. 52. Система заземления TN-C-S*

В настоящее время применение системы TN-C на вновь строящихся и реконструируемых объектах не допускается. При эксплуатации системы TN-C в здании старой постройки, предназначенном для размещения компьютерной техники и телекоммуникаций, необходимо обеспечить переход от системы TN-C к системе TN-S (TN-C-S).

Система TN-C-S характерна для реконструируемых сетей, в которых нулевой рабочий и защитный проводники объединены только в части схемы, во вводном устройстве электроустановки (например, вводном квартирном щитке). Во вводном устройстве электроустановки совмещенный нулевой защитный и рабочий проводник PEN разделен на нулевой защитный проводник PE и нулевой рабочий проводник N. При этом нулевой защитный проводник PE соединен со всеми открытыми токопроводящими частями электроустановки. Система TN-C-S является перспективной для нашей страны, позволяет обеспечить высокий уровень электробезопасности при относительно небольших затратах.

### Система заземления TN-S.



*Рис. 53. Система заземления TN-S*

В системе TN-S нулевой рабочий и нулевой защитный проводники проложены отдельно. С подстанции приходит пять

жильный кабель. Все открытые проводящие части электроустановки соединены отдельным нулевым защитным проводником РЕ. Такая схема исключает обратные токи в проводнике РЕ, что снижает риск возникновения электромагнитных помех. Хорошим вариантом для минимизации помех является пристроенная трансформаторная подстанция (ТП), что позволяет обеспечить минимальную длину проводника от ввода кабелей электроснабжения до главного заземляющего зажима. Система TN-S при наличии пристроенной подстанции не требует повторного заземления, так как на этой подстанции имеется основной заземлитель. Такая система широко распространена в Европе.

### Система заземления ТТ

В системе ТТ трансформаторная подстанция имеет непосредственную связь токоведущих частей с землёй. Все открытые проводящие части электроустановки здания имеют непосредственную связь с землёй через заземлитель, электрически не зависимый от заземлителя нейтрали трансформаторной подстанции.

### Система заземления IT

В системе IT нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части заземлены. Ток утечки на корпус или на землю в будет низким и не повлияет на условия работы присоединенного оборудования. Такая система используется, как правило, в электроустановках зданий, к которым предъявляются повышенные требования по безопасности.

### Схема контурного заземления

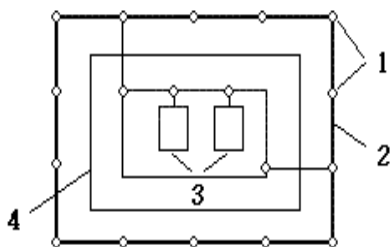
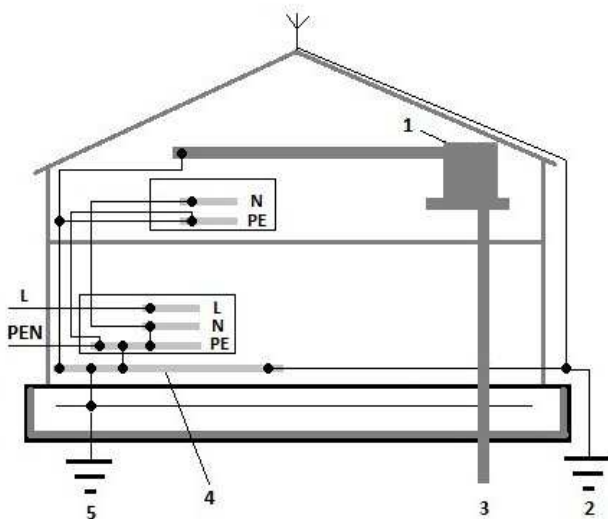


Рис. 54. Схема контурного заземления:

- 1 - Заземлители; 2 - Заземляющие проводники;  
 3 - Заземляемое оборудование; 4 - Производственное здание.

### Пример схемы заземления дома



*Рис. 55. Схемы заземления дома: 1. Водонагреватель; 2. Заземлитель молниезащиты; 3. Металлические трубы водопровода, канализации, газа; 4. Главная заземляющая шина; 5. Естественный заземлитель (арматура фундамента здания).*

### Меры для защиты от поражения электрическим током

Для защиты человека от поражения электрическим током применяют защитные средства - резиновые перчатки, инструмент с изолированными ручками, резиновые боты, резиновые коврики, предупредительные плакаты.

### Контроль изоляции проводов

Для предупреждения несчастных случаев от поражения электрическим током необходимо контролировать состояние изоляции проводов электроустановок. Состояние изоляции проводов проверяют в новых установках, после реконструкции, мо-

дернизации, длительного перерыва в работе. Профилактический контроль изоляции проводов проводят не реже 1 раза в 3 года. Сопротивление изоляции проводов измеряют мегаомметрами на номинальное напряжение 1000 В на участках при снятых плавких вставках и при выключенных токоприемниках между каждым фазным проводом и нулевым рабочим проводом и между каждыми двумя проводами. Сопротивление изоляции должно быть не меньше 0,5 Мом.

### **Вопросы для повторения:**

1. О из за чего появляются потенциал на корпусе электроустановок?
2. Дайте определение защитному, рабочему заземлению?
3. Какие основные обозначения системы заземления Вы знаете?
4. Каким прибором осуществляется контроль изоляции в электроустановках?

## **1.13 Монтаж и ремонт электрических машин**

План занятий:

1. Пуск в ход электрических машин.
2. Виды ремонта эл.машин и сроки их проведения.

### **1. Пуск в ход электрических машин**

На монтажную площадку электродвигатели поставляются комплектными, имеющими исполнение, соответствующее условиям окружающей среды и способу крепления (монтажному исполнению). Их электрические характеристики должны соответствовать параметрам электрической сети (напряжению, роду и частоте тока), а механические характеристики — характеристикам рабочей машины или механизма. По экономическим соображениям частоту вращения электродвигателей часто принимают выше частоты вращения машины или механизма.

Монтаж электродвигателей выполняют в две стадии.



В период подготовительных работ определяют или уточняют место установки электродвигателя и аппаратуры управления (щита, ящика, пульта), подготавливают для них опорные основания, устанавливают закладные детали для крепления к опорному основанию, прокладывают стальные трубы (если силовая электропроводка в трубах), устанавливают (при установке на стене—кронштейн) и закрепляют на фундаменте салазки, следят за правильным выполнением фундамента строителями.

Электрооборудование, полученное для монтажа, очищают от пыли и консервирующих смазочных материалов, проверяют комплектность в соответствии с упаковочным листом, внешним осмотром устанавливают целостность всех наружных частей (корпуса, защитной крышки, колодки зажимов и др.), наличие всех крепежных болтов и их затяжку, состояние контактных колец, щеткодержателей, щеток и пускового реостата (для электродвигателя с фазным ротором). Затем проверяют подшипники качения по осевому и радиальному зазорам. У подшипников качения эти зазоры не должны наблюдаться визуально. Целостность и сопротивление изоляции обмоток статора и ротора проверяют мегаомметром 500 или 1000 В. Предельно допустимым сопротивлением изоляции обмоток по отношению к корпусу принято считать 1000 Ом на каждый вольт рабочего напряжения питающей сети. Для электродвигателей, включаемых в сеть напряжением 380 В, наименьшим допустимым сопротивлением изоляции его обмоток является 0,5 МОм. При меньшем сопротивлении изоляции обмоток и отсутствии видимых повреждений электродвигатель нужно просушить для удаления влаги из обмоток.

Если электродвигатель исправен (без дефектов), его вал очищают от остатков смазочных материалов, краски или ржавчины тканью, смоченной керосином. Пятна ржавчины удаляют шлифовкой с помощью наждачной бумаги № 00 или № 000, пропитанной минеральным маслом. Поверхность вала после полной очистки протирают тканью насухо и покрывают тонким слоем минерального масла. Снимают защитную крышку вентилятора, укладывают шпонку в шпоночную канавку и с помощью специального приспособления с нажимным винтом надевают шкив или полумуфту на вал электродвигателя, а второй шкив или полумуфту — на вал рабочей машины или механизма.

Шкивы или полумуфты снимают с валов электродвигателей с помощью специальных скоб или универсальных съемников (рис. 56). Последними можно снимать с валов шкивы, полумуфты, шестерни и подшипники качения. Они позволяют захватывать деталь как с наружной, так и с внутренней стороны и развивать тяговое усилие до 20 кН. Использование приспособлений для снятия и насаживания шкивов, полумуфт позволяет все горизонтальные усилия, возникающие при этом в осевом направлении, передать на вал, а не на подшипники.

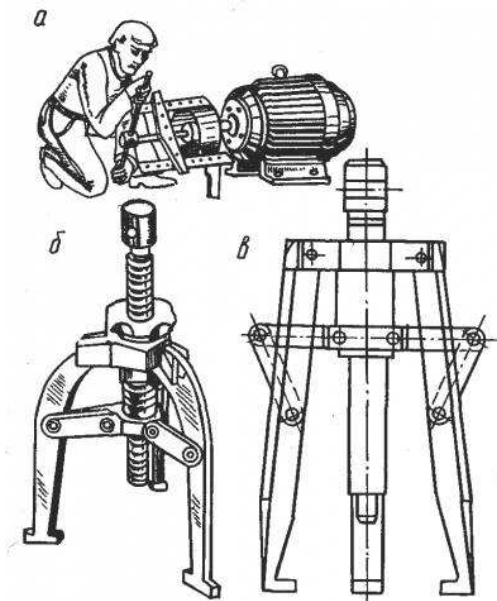


Рис. 56. Снятие шкива с вала электродвигателя: а — съемником с двумя тягами; б — универсальный съемник с регулируемым раскрывом тяг; в — то же, но с самоустанавливающимися тягами.

В зависимости от взаимного расположения приводного органа машины и электродвигателя последний бывает различного монтажного исполнения: на лапах с горизонтальным или вертикальным валом; на лапах с фланцем с горизонтальным или вертикальным валом; с фланцем с горизонтальным или вертикальным валом и т. д.

Электрические машины прибывают на место монтажа в собранном или разобранном виде. Машины, прибывающие в собранном виде, как правило, перед установкой не разбирают. Если при внешнем осмотре выявлены повреждения и загрязнение машины в результате транспортировки и хранения, заказчик и монтажная организация составляют акт, определяющий необходимость и степень разборки машины. Такие работы монтажная организация выполняет по отдельному наряд-заказу в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

Перед монтажом электрической машины проверяют состояние изоляции ее обмоток и, если оно неудовлетворительно, производят сушку обмоток. Проверку изоляции обмоток выполняют мегомметром.

Сопротивление изоляции обмоток электрических машин на номинальное напряжение до 1000 В включительно проверяют мегомметром на 500 В, выше 1000 В — мегомметром на 1000 В.

## **2. Виды ремонта эл. машин и сроки их проведения**

Сопротивление изоляции обмоток электрических машин относительно их корпуса  $R_{60}$  (измеренное через 60 с после начала отсчета на шкале мегомметра) и сопротивление изоляции между обмотками при рабочей температуре машины должно соответствовать вычисленному по формуле, но не менее 0,5 МОм:

$$R_{60} = \frac{U_n}{1000 + 0,1P},$$

где  $U_n$  — номинальное напряжение обмотки машины, В;  $P$  — номинальная мощность машины, кВт (для машин постоянного тока, кВт•А). За рабочую температуру принимают  $75^\circ\text{C}$ . Если сопротивление изоляции обмотки было измерено при другой температуре, но не ниже  $10^\circ\text{C}$ , оно может быть пересчитано на температуру  $75^\circ\text{C}$  (таблица 1).

Кроме того, можно пользоваться соотношением: при увеличении температуры на каждые  $20^\circ\text{C}$  сопротивление изоляции уменьшается примерно в 2 раза.

Если сопротивление изоляции обмоток электрических машин напряжением до 1000 В ниже величин, приведенных в таблице 1, необходимо произвести сушку обмоток. Существуют различные способы сушки электрических машин: индукционным нагревом, внешним нагревом, электрическим током от постороннего источника и др. Наиболее распространена сушка электрических машин индукционным нагревом (рисунок 3). При использовании этого способа можно одновременно сушить несколько машин, соединяя последовательно их намагничивающие обмотки.

Таблица 1 – Сопротивление изоляции обмоток электрических машин в зависимости от температуры

Температура обмотки, °С	Сопротивление изоляции, МОм, при номинальном напряжении машины, В			
	220	380	500	660
10	2,7	4,6	6	7,9
20	1,85	3,3	4,3	5,6
30	1,3	2,1	2,8	3,6
40	0,85	1,5	2	2,6
50	0,6	1	1,3	1,8
60	0,4	0,7	0,9	1,2
70	0,3	0,5	0,6	0,8
75	0,22	0,38	0,5	0,65

Обмотку из изолированных проводов наматывают на наружной поверхности корпуса машины и присоединяют к источнику переменного тока. Для сушки индукционным нагревом могут быть применены сварочные трансформаторы с регулировкой тока дросселем.

Если намагничивающую обмотку невозможно намотать по всей наружной поверхности станины, приподнимают машину над плитой, либо смещают обмотку на подшипниковые щиты, как показано на рис. 57.

При сушке индукционным способом ведут непрерывное наблюдение за температурой обмотки (последняя не должна превышать 70° С) и через каждый час измеряют ее сопротивле-

ние изоляции. В начале нагрева сопротивление изоляции обычно падает, а затем начинает возрастать.

Сушку заканчивают, когда прекращается нарастание сопротивления изоляции. Если в процессе сушки сопротивление изоляции достигло требуемой нормами величины, но продолжает повышаться, сушку не останавливают. Ее продолжают до тех пор, пока сопротивление изоляции не будет примерно одинаковым в течение 2—3 ч. Другой распространенный способ сушки электрических машин — внешний нагрев (рисунок 4). Машину помещают в кожух, у которого внизу оставляют отверстие для входа нагретого воздуха, а сверху (в противоположном углу) отверстие для выхода теплого воздуха. Кожух должен быть огнестойким (из металла или листового асбоцемента). Если его выполняют из деревянных щитов, последние обшивают кровельной сталью по войлоку. Воздух нагревают с помощью тепловоздуховки, ламп накаливания, нагревательных сопротивлений или батарей пароводяного отопления, которое устанавливают вблизи нижнего входного отверстия. Температуру нагретого воздуха у входа необходимо контролировать: она не должна быть выше 90° С. Каждый час измеряют также сопротивление изоляции обмоток.

Электрические машины сушат также электрическим током (переменным или постоянным) от постороннего источника. Для сушки асинхронных двигателей трехфазным током применяют напряжение на более 10—15% номинального. При этом ротор должен быть заторможен. В двигателях с фазным ротором обмотку закорачивают на кольцах.

При сушке асинхронных двигателей однофазным переменным или постоянным током ротор также должен находиться в неподвижном состоянии. Схемы включения обмоток двигателя в этом случае выбирают в зависимости от числа выводов обмотки статора (рис. 59, а, б).

При сушке асинхронных двигателей током от постороннего источника недостаточна вентиляция, так как ротор двигателя находится в неподвижном состоянии. Поэтому ток сушки на каждой фазе не должен превышать 50—70% номинального.

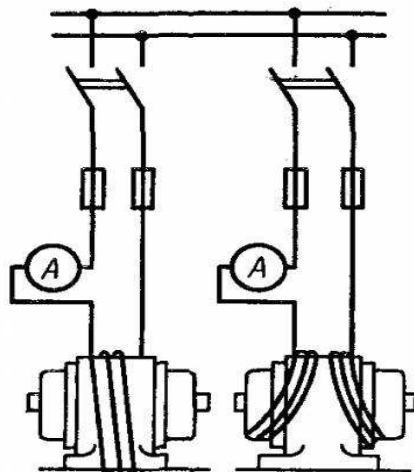


Рис. 57. Схема сушки электрических машин индукционным нагревом.

При этом необходимо вести непрерывный контроль за нагревом обмотки с помощью термометра (температура должна быть не выше  $70^{\circ}\text{C}$ ). Если сушку производят по схемам, показанным на рисунке 5, в, г, рекомендуется каждые 2 ч переключать фазы обмотки электродвигателя так, чтобы нагрев всех трех фаз шел равномерно.

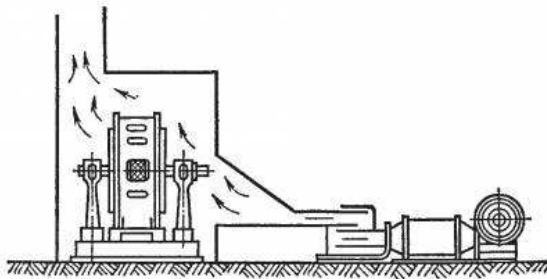


Рис. 58. Сушка внешним нагревом

Перед установкой электрических машин необходимо проверить по чертежам соответствие проекту фундаментов, кабельных каналов и монтажных проемов для транспортировки оборудования или его отдельных узлов.

Особое внимание должно быть обращено на уточнение массы перемещаемых электрических машин или их узлов (для машин, поступающих в разобранном виде) и на соответствие грузоподъемности кранов, кран-балок или других механизмов и приспособлений для подъема и перемещения машин.

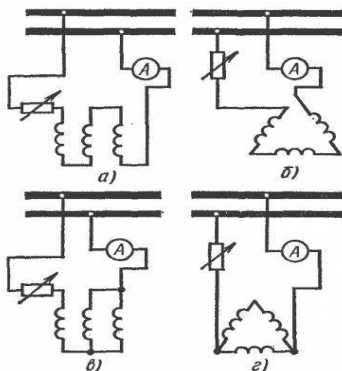


Рис. 59. Схемы для сушки асинхронного двигателя однофазным переменным и постоянным током: а, б — при шести выводах обмотки, в, г — при трех выводах обмотки.

При этом необходимо учитывать, что превышение паспортной грузоподъемности такелажных приспособлений и оборудования не допускается.

При текущем ремонте электрических машин выполняют следующие работы:

проверку степени нагрева корпуса и подшипников, равномерности воздушного зазора между статором и ротором, отсутствия ненормальных шумов в работе электродвигателя;

чистку и обдувку электродвигателя без его разборки, подтяжку контактных соединений у клеммных щитков и присоединении проводов, зачистку колец и коллекторов, регулирование и крепление траверсы щеткодержателя, восстановление изоляции у выводных концов, смену электрощеток;

смену и долив масла в подшипники. При необходимости производят:

полную разборку электродвигателя с устранением повреждений отдельных мест обмотки без ее замены;

промывку узлов и деталей электродвигателя; замену неисправных пазовых клиньев и изоляционных втулок, мойку, пропитку и сушку обмотки электродвигателя, покрытие обмотки покрывным лаком, проверку крепления вентилятора и его ремонт, проточку шеек вала ротора и ремонт беличьей клетки (в случае необходимости), смену фланцевых прокладок; замену изношенных подшипников качения;

промывку подшипников скольжения и при необходимости их перезаливки, при необходимости заварку и проточку крышек электродвигателя, частичную пропайку петушков; проточку и шлифование колец; ремонт щеточного механизма и коллектора; проточку коллектора и его продороживание; сборку и проверку работы электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой.

При капитальном ремонте производят следующие работы: полную или частичную замену обмотки; правку, протирку шеек или замену вала ротора; переборку колец или коллектора; балансировку ротора; замену вентилятора и фланцев; полную пропайку петушков; чистку, сборку и окраску электродвигателя и испытание его под нагрузкой.

Определение состояния деталей и назначение вида ремонта. Дефектацию производят до разборки, в процессе разборки и после разборки. Дефектационные операции, выполняемые до разборки: внешний осмотр; ознакомление с дефектами по документации; предремонтные испытания на режиме холостого хода, если это возможно.

До включения в сеть проверяют состояние вала, подшипниковых щитов, подшипников, отсутствие задевания ротора за статор, наличие смазки, целостность фаз; состояние выводных концов и клеммного щитка; сопротивление изоляции обмоток.

При удовлетворительных результатах испытаний включают электродвигатель на 30 мин под напряжение, замеряют пофазно силы тока холостого хода, проверяют шумы электродвигателя, работу коллектора, нагрев подшипников, величину вибрации и др.

В контрольно-дефектационные операции, проводимые в процессе разборки, входят: измерение величины воздушных зазо-



ров между железом статора и ротора (якоря) в четырех точках, отстоящих друг от друга на 90°; измерение разбега вала в подшипниках скольжения; определение зазоров в подшипниках скольжения и качения; выявление неисправности других деталей.

В процессе разборки нельзя допускать повреждений или поломки разбираемых отдельных узлов и деталей или частей электрических машин. Детали, сопряженные между собой с натягом, снимают универсальными съемниками. Рабочие и посадочные поверхности узлов и деталей разбираемых электрических машин предохраняют от повреждений.

Снятые годные метизы, пружинные кольца, шпонки и другие мелкие детали сохраняют для повторного использования.

Разобранные узлы и детали помещают в технологическую тару или на стеллажи.

Рабочее место разборщика оснащают столом или верстаком и специальным инструментом и приспособлениями.

Устройство для снятия подшипников с вала ротора размещают вблизи рабочих мест разборщиков.

При разборке электродвигателей можно пользоваться специальной подставкой для ног. Стенд, оснащенный подъемником, поворотным столом и конвейером (пластинчатым, тележечным и т. п.), обеспечивает полную разборку электродвигателей высотой оси вращения более 100 мм.

Для подъема изделий в сборе, узлов и деталей, масса которых превышает 20 кг, следует использовать подъемно-транспортные механизмы и приспособления.

Захват узлов и деталей за рабочие поверхности не допускается. Подъемно-транспортное оборудование должно иметь плавную скорость подъема и опускания, а грузоподъемность должна быть не менее 1 т.

Приспособления, используемые для съема подшипников с вала ротора и для выема ротора из расточки статора, должны обеспечивать предохранение рабочих поверхностей от повреждений.

Используемый при разборке инструмент не должен иметь зазубрин, заусенцев и других дефектов на рабочей поверхности и соответствовать требованиям техники безопасности.

Производственная тара должна вмещать все разобранные узлы и детали и соответствовать требованиям промышленной санитарии.

Технологический процесс разборки состоит из следующих операций: подготовительных, непосредственно разборки и контроля. Выбор способа разборки зависит от технических и организационных возможностей производства.

Операции технологического процесса производят в помещении с температурой  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  и относительной влажностью не более 80 %. При подготовительных операциях устанавливают контейнер с электродвигателями на подставку, а электродвигатель — на стол разборщика или передаточную тележку разборочного стенда.

У двигателей закрытого исполнения отвертывают болты, крепящие кожух наружного вентилятора, и снимают его;

отвертывают крепежные детали, крепящие вентилятор, и снимают его; в случае крепления вентилятора пружинным кольцом, предварительно снимают его специальным инструментом.

У двигателей с фазным ротором:

отсоединяют соединительные провода, освобождают крепления, снимают кожух контактных колец, вынимают щетки; в случае ремонта обмоток ротора отпаивают соединительные хомутики от выводных концов; снимают отвододержатель и съёмником контактные кольца с вала ротора.

У электродвигателей, конструкция которых предусматривает расположение узла контактных колец внутри подшипникового щита, съём контактных колец производят после снятия подшипниковых крышек (наружной и внутренней), подшипникового щита и подшипника со стороны, противоположной рабочему концу вала.

У крановых и металлургических электродвигателей кроме того снимают крышки смотровых люков; открепляют капсулы от подшипниковых щитов и снимают наружные уплотняющие кольца; сливают масло из масляных камер (у подшипников скольжения).

Отвертывают болты, крепящие наружные крышки подшипников и снимают последние. При наличии между подшипниковой крышкой и подшипником пружинных колец, последние

должны быть сохранены. Снимают пружинное кольцо, крепящее подшипник (при наличии). Отвертывают крепежные детали, крепящие подшипниковые щиты, крышку и панель (колодку) выводов, и снимают последние. Уплотнения, предусмотренные конструкцией в коробке выводов, сохраняют. При разборке электродвигателей на рабочем месте разборщика подготовительные операции производят здесь же.

Передний (со стороны рабочего конца вала) подшипниковый щит выводят из заточки станины с помощью рычага, вводимого в просвет между ушками подшипникового щита и станины, либо отжимных болтов. Отжим следует производить равномерно, пока щит полностью не выйдет из центрирующей заточки.

Допускается вывод подшипникового щита из заточки станины производить с помощью легких ударов молотка по выколотке из мягкого металла или пневмомолотка по торцам ушек подшипникового щита.

При выводе переднего подшипникового щита из заточки необходимо поддерживать вал вручную или подкладками, не допуская удара ротора о статор.

Подшипниковый щит с вала снимают, поворачивая его на подшипнике, не допуская при этом перекосов.

Задний (со стороны, противоположной рабочему концу вала) подшипниковый щит снимают аналогично переднему.

Можно снимать задний подшипниковый щит после выемки ротора из статора. Выемку ротора производят специальным приспособлением, не допуская при этом задеваний ротора за расточку и обмотку статора.

На статоре, роторе и подшипниковых щитах укрепляют бирки с ремонтными номерами.

Разобранные узлы и детали укладывают в производственную тару или на стеллажи и передают на последующую операцию.

При разборке на разборочном стенде электродвигатель устанавливают на передаточную тележку, фиксатором-толкателем посылают ее по конвейеру. Производят операции предварительной разборки и передают тележку на стол гидростенда.

Устанавливают электродвигатель так, чтобы центры штоков гидроцилиндров установки совпали с центрами вала разбираемого электродвигателя, и зажимают вал электродвигателя в центрах.

Опускают стол вниз и выталкивают тележку на конвейер.

Поднимают стол до полной посадки на него электродвигателя, и зажимают лапы электродвигателя зажимами.

Подают шток левого цилиндра вправо до полного выхода подшипникового щита из заточки статора. Снимают подшипниковый щит с подшипника. Устанавливают упор между подшипником и корпусом электродвигателя. Подачей штока правого цилиндра влево выпрессовывают правый подшипник с вала ротора. Аналогично поступают с левым подшипниковым щитом и подшипником. Производят разжим центров и отводят штоки цилиндров гидростенда от вала ротора электродвигателя. Поворачивают стол с электродвигателем на 60—90° и снимают подшипники и внутренние подшипниковые крышки.

Выводят ротор из расточки статора при помощи специального приспособления, не допуская при этом задевания ротора за расточку и обмотку статора.

### **Вопросы для повторения:**

1. Какие работы выполняют перед монтажом электрические машины?
2. Каким способом осуществляют сушку электрических машин?
3. Какие работы выполняют при капитальном ремонте?
4. Какие механизмы используются при монтаже электрических машин?

## **1.14 Монтаж и ремонт трансформаторов**

План занятий:

1. Монтаж и ремонт трансформаторов.
2. Ревизия трансформатора перед ремонтом.

### **1. Монтаж и ремонт трансформаторов.**

Монтаж трансформаторов, особенно мощных силовых и специального назначения, является сложной и трудоемкой работой, которая требует предварительной подготовки и четкой ор-

ганизации работ. Трансформаторы мощностью до 1600 кВА отправляются с заводов-изготовителей собранными и залитыми маслом. При мощности 2500 кВ А и выше в зависимости от габаритных размеров и массы трансформаторы транспортируются с демонтированными узлами и деталями, а наиболее мощные — без масла.

Некоторые трансформаторы мощностью 63 МВ А и выше классов напряжения 110 кВ и более имеют бак с верхним разъемом и надставкой, демонтируемой на время транспортирования. Бак закрывают плоской или специальной «транспортной» крышкой, которая заменяется во время монтажа на постоянную.

Для транспортирования трансформаторов железнодорожным транспортом поперечному сечению мощных трансформаторов придают форму, приближающуюся к очертаниям железнодорожного габарита.

До начала монтажных работ необходимо подготовить фундамент под трансформатор, помещение трансформаторно-масляного хозяйства, баки для хранения масла со всеми коммуникациями маслопроводов, монтажные механизмы, аппараты, приспособления и инвентарь. Трансформаторное масло в количестве, необходимом для заливки (доливки) трансформатора и для технологических нужд в процессе монтажа, должно быть высушено и залито в баки, оборудованные масломерным устройством и системой дыхания). Средства пожаротушения и противопожарный пост на время прогрева и сушки трансформатора должны находиться в постоянной готовности.

На электростанциях и подстанциях напряжением 35 ...750 кВ применяется, как правило, открытая установка трансформаторов. Закрытую установку используют только в районах интенсивного загрязнения атмосферы и в районах жилой застройки для ограничения шума. При открытой установке в районе усиленного загрязнения рекомендуется применять трансформаторы со специальными кабельными вводами на стороне напряжением 110...220 кВ и шинными вводами в закрытых коробах на стороне напряжение 10 кВ. Трансформаторы массой до 2 т могут устанавливаться непосредственно на фундамент, в остальных случаях фундамент оснащается направляющими для катков трансформатора с упорами по обе стороны трансформатора после его установки на фундамент.

Трансформатор, имеющий устройство газовой защиты, устанавливается на фундамент таким образом, чтобы его крышка имела подъем по направлению к газовому реле не менее 1 %. Уклон маслопровода к расширителю при этом должен быть не менее 2 %. Такая установка обеспечивает беспрепятственное поступление газа из трансформатора в маслопровод, идущий к газовому реле, и далее к расширителю. Уклон обычно создается установкой подкладок под катки или непосредственно под дно бака (при отсутствии катков).

Для закрытой установки трансформаторов используется либо отдельное здание, предназначенное для размещения только трансформаторов и их вспомогательного оборудования (системы охлаждения, вентиляции, пожаротушения), либо трансформаторные камеры — помещения в общем здании энергетического объекта.

Каждая камера трансформатора снабжается индивидуальной вентиляционной системой, не связанной с другими вентиляционными системами здания. Система рассчитывается на отвод тепла, выделяемого при работе трансформатора с номинальной нагрузкой, и проектируется таким образом, чтобы разность температур на входе и выходе из помещения не превышала 15 °С. Конструкция вентиляционных шахт должна предотвращать попадание через них влаги на трансформатор.

В случае нарушения условий транспортирования и хранения трансформатора или при неудовлетворительных результатах предварительной оценки состояния изоляции обмоток дополнительно проверяют влагосодержание образцов изоляции, которые закладываются в трансформаторы мощностью более 80 МВ А. Влагосодержание образца изоляции толщиной 3 мм должно быть не более 1 %. Результаты предварительной оценки состояния изоляции учитываются при решении вопроса о включении трансформатора под напряжение без сушки.

Монтаж составных частей трансформатора производится без ревизии активной части и без подъема съемной части («колокола»), если не были нарушены условия выгрузки, транспортирования, хранения и не было других нарушений, которые могли привести к повреждениям внутри бака трансформатора. При наличии таких повреждений перед установкой комплектующих изделий необходимо произвести ревизию трансформатора.

Вскрытие трансформатора для установки составных частей (вводов, встроенных трансформаторов тока и т.д.) следует производить в ясную сухую погоду. После вскрытия трансформатора изоляция обмоток предохраняется от увлажнения за счет продувки бака сухим воздухом в течение всего времени разгерметизации.

Допускается разгерметизировать трансформаторы напряжением 110...500 кВ и мощностью до 400 МВ А без подачи в бак сухого воздуха, если температура его активной части не менее 10 °С и превышает точку росы окружающего воздуха не менее чем на 10 °С, относительная влажность — не более 85%, а продолжительность разгерметизации не превышает 16 ч.

После монтажа составных частей остатки трансформаторного масла сливают (для трансформаторов, транспортируемых без масла) через донную пробку, бак герметизируют для создания вакуума и заливки или доливки масла. Для трансформаторов, имеющих азотную или пленочную защиту, заливка масла производится через дегазационную установку.

При монтаже охлаждающей системы типа Д (охлаждение масляное с дутьем) на баке устанавливают кронштейны, на которых размещают электродвигатели с вентиляторами, монтируют электрическую схему питания и после установки радиаторов открывают радиаторные краны.

Система охлаждения ДЦ поставляется в навесном или выносном исполнении. При навесном исполнении все детали и узлы трубопроводов свариваются и полностью подготовляются на заводе. На месте монтажа охладители навешивают на бак трансформатора и соединяют с баком трубами. При выносном исполнении охладители устанавливают на отдельных фундаментах и соединяют с трансформатором трубами, узлы которых подгоняются и свариваются на месте установки.

Одновременно с монтажом системы охлаждения производится монтаж остальных деталей и частей трансформатора — устанавливаются термосифонные фильтры, расширители, выхлопная труба, воздухоосушитель присоединяется к расширителю, устанавливаются газовое реле и сигнальные манометрические термометры. Расширитель, транспортируемый отдельно от трансформатора, должен быть тщательно проверен и осмотрен. В случае выявления ржавчины на его внутренней поверхности

необходимо принять меры по ее устранению или замене расширителя на новый.

Маслоуказатель расширителя, транспортируемый в разобранном виде, устанавливают при монтаже со стороны, указанной заводом-изготовителем. Для защиты трансформаторов от утечки масла из расширителя на фланце дна расширителя устанавливают реле уровня масла.

После установки маслоуказателя и реле уровня масла расширитель испытывают на герметичность, заполнив его сухим трансформаторным маслом, с выдержкой в течение 3 ч. После окончания монтажа охлаждающей системы и других частей трансформатора доливают масло в бак трансформатора и заливают маслом охлаждающую систему.

Проверка состояния изоляции обмоток. После окончания монтажа трансформатора измеряют сопротивления изоляции обмоток и определяют коэффициент абсорбции,  $\text{tg}\delta$  изоляции и т.д. Сопротивление изоляции необходимо сравнить со значением, измеренным в заводских условиях. Допустимые значения изоляционных характеристик для трансформаторов напряжением до 35 кВ и мощностью до 10 МВ А приведены в табл. В тех случаях, когда выявлены нарушения инструкции по монтажу и введению трансформатора в работу, производится ревизия трансформатора с подъемом съемной части бака или активной части.

## **2. Ревизия трансформатора перед ремонтом**

Ревизия трансформатора включает совокупность работ по вскрытию, осмотру, устранению неисправностей и герметизации активной части трансформатора. Чтобы избежать увлажнения изоляции, ограничивают продолжительность нахождения активной части вне бака: при температуре окружающего воздуха  $0^{\circ}\text{C}$  или относительной влажности выше 75 % — 12 ч; при влажности 65...75 % — 16 ч; при влажности до 65 % — 24 ч.

Ревизия производится при температуре активной части, равной или превышающей температуру окружающей среды. При отрицательной температуре окружающего воздуха трансформатор с маслом подогревают до  $20^{\circ}\text{C}$ . Время ревизии может быть увеличено вдвое, если температура окружающего воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$ , влажность ниже 75 % и температура активной части превыша-



ет температуру окружающей среды не менее чем на 10 °С. Ревизия трансформатора в зависимости от его мощности, класса напряжения, конструкции и условий монтажа может выполняться одним из следующих методов:

- подъемом активной части из бака трансформатора;
- осмотром активной части внутри бака;
- подъемом верхней съемной части бака трансформатора.

Осмотр трансформатора производят в закрытом помещении. Для этого масло сливают в сухой и чистый бак, а активную часть устанавливают на настил из досок.

При ревизии проверяют затяжку доступных стяжных шпилек ярма, креплений отводов, барьеров, переключающих устройств, осевую прессовку обмоток. При необходимости равномерно по всей окружности производят подпрессовку обмоток клиньями или подтягиванием винтов и домкратов. После этого устраняют замеченные неисправности в изоляции доступных частей обмоток, отводов и других изоляционных элементов, проверяют сопротивление изоляции обмоток между собой и относительно магнитопровода, сопротивление изоляции доступных стяжных шпилек, бандажей и полубандажей ярма относительно активной части и ярмовых балок и схему заземления.

При отсутствии подъемных приспособлений для трансформаторов мощностью 10 МВ А и выше классов напряжения 110...330 кВ разрешается производить ревизию активной части без подъема из бака при снятой крышке, а в отдельных случаях через люки бака трансформатора без подъема крышки. Ревизия активной части трансформатора с нижним разъемом бака возможна без ее подъема, что значительно сокращает и упрощает выполнение монтажа.

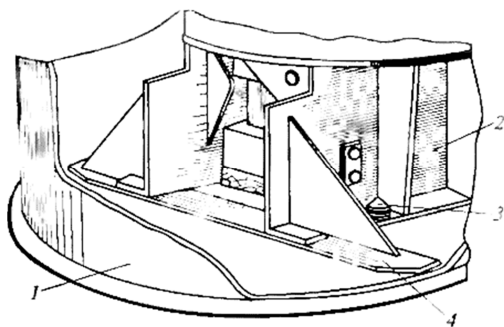


Рис. 60. Установка активной части на конусные шипы:  
 1 — бак; 2 — активная часть; 3 — конусный шип;  
 4 — нижний раскос.

После измерений и проверок активную часть промывают сухим трансформаторным маслом и опускают в бак или устанавливают на место съемную часть бака, после чего уплотняют места соединений. При установке активной части в бак проверяют правильность расположения направляющих деталей относительно стенок бака, производя небольшие перемещения ее до посадки на конусные шипы, приваренные к дну бака. Шипы входят в отверстия горизонтальных полок нижних ярмовых балок.

Монтаж герметичных и сухих трансформаторов и трансформаторов с литой изоляцией. Ревизия сухих трансформаторов, имеющих защитный кожух простой формы, и трансформаторов с литой (компаундной) изоляцией сводится к внешнему осмотру проверяют надежность контактных соединений, отсутствие повреждения обмоток, изоляторов и изоляционных прокладок. Обмотки и магнитопровод сухих трансформаторов продувают сжатым воздухом и выполняют необходимые измерения. Если сопротивление изоляции ниже нормы, проводят ее сушку. Герметичные трансформаторы, заполненные совтолом, на месте установки разборке не подлежат.

Сначала трансформатор очищают от грязи, а затем внимательно осматривают его снаружи с целью выявления внешних неисправностей: трещин в армировочных швах, сколов фарфора вводов, нарушений сварных швов и протекания масла из фланцевых соединений, механических повреждений циркуляцион-

ных труб, расширителя и других деталей. Обнаруженные неисправности записывают в дефектировочные карты.

Перед разборкой из трансформатора сливают (частично или полностью) масло. Частично (до уровня верхнего ярма магнитопровода) масло сливают, если ремонтные работы выполняются без подъема активной части трансформатора (например, при замене вводов, ремонте контактов переключателя) или с ее подъемом, но на время, не превышающее допустимое время пребывания обмоток трансформатора без масла. Полностью масло сливают, если необходима сушка активной части трансформатора или в случаях, требующих замены поврежденных обмоток или замены масла при его непригодности для дальнейшего использования из-за загрязнения и увлажнения.

Последовательность разборки трансформатора зависит от его конструкции. Рассмотрим основные операции разборки и ремонта трансформаторов большого диапазона мощностей и различного конструктивного исполнения.

Разборку начинают с демонтажа газового реле, предохранительной трубы, термометра, расширителя и других устройств и деталей, расположенных на крышке трансформатора. При демонтаже газового реле под него подкладывают деревянную планку шириной 200 мм или резиновую пластину толщиной около 10 мм. Затем отвертывают болты крепления (придерживая реле рукой) и, перемещая корпус реле параллельно фланцам, снимают его. Отверстия реле закрывают листами фанеры или картона и закрепляют освободившимися болтами. Реле аккуратно кладут на стеллаж или передают в электролабораторию для испытаний и ремонта.

Расширитель демонтируют в следующем порядке: снимают с него маслопровод с краном, стекло маслоуказателя закрывают временным щитком из фанеры, привязав его к арматуре маслоуказателя веревками; строят расширитель пеньковым или стальным стропом (в зависимости от массы) и отвертывают крепежные болты; устанавливают наклонно две доски и по ним опускают расширитель на пол; закрывают отверстия в крышке и расширителе временными фланцами из листовой резины, фанеры или картона во избежание попадания в них грязи и влаги.

Далее демонтируют крышку трансформатора, при этом освободившиеся болты укомплектовывают шайбами и гайками, смачивают керосином и хранят в металлической таре до сборки.

Для подъема активной части трансформатора применяют специальные приспособления и стропы, рассчитанные на массу поднимаемого груза и прошедшие необходимые испытания. При подъеме активной части трансформатора с вводами, расположенными на стенках бака, сначала отсоединяют отводы, демонтируют вводы и только затем поднимают активную часть. При этом, когда крышка будет приподнята над баком на 200 - 250 мм, подъем временно прекращают, чтобы убедиться в отсутствии перекоса поднимаемой активной части, который может привести к повреждению обмоток. Если обнаружится перекосяк, активную часть опускают на дно бака и снова поднимают только после его ликвидации. В начале подъема рекомендуется убедиться в исправности грузоподъемного механизма, для чего необходимо поднять активную часть на 50 - 200 мм над уровнем дна бака и держать ее на весу в течение 3-5 мин, затем продолжить подъем. Подняв активную часть над баком не менее чем на 200 мм, бак удаляют. Стоять под активной частью или в опасной близости от нее, а также производить ее осмотр категорически запрещается.

Активную часть, поднятую из бака, устанавливают на прочном помосте из досок или брусков так, чтобы обеспечить ее устойчивое вертикальное положение и возможность осмотра, проверки, ремонта.

Продолжая разборку, отсоединяют отводы от вводов и переключателя, проверяют состояние их изоляции, армировочных швов ввода и контактной системы переключателя (все неисправности записывают в дефектировочную карту). Затем отвертывают рымы с вертикальных шпилек, снимают крышку и укладывают так, чтобы не повредить выступающие под крышкой части; вводы закрывают цилиндрами из картона или обертывают мешковиной.

Основные операции по демонтажу обмоток выполняют в такой последовательности: удаляют вертикальные шпильки, отвертывают гайки стяжных болтов и снимают ярмовые балки магнитопровода, связывая и располагая пакеты пластин по порядку, чтобы удобнее было их затем шихтовать. Далее разбира-

ют соединения обмоток, удаляют отводы, извлекают деревянные и картонные детали расклиновки обмоток ВН и НН и снимают обмотки вручную или с помощью подъемного механизма (обмотки трансформаторов мощностью 100кВ-А и выше) сначала ВН, а затем НН.

При дефектировке обмоток для определения мест витковых замыканий используют комплект специальных приборов. После дефектировки поврежденные обмотки доставляют в обмоточное отделение, а расширитель, переключатель, вводы и другие детали трансформатора, требующие ремонта, — в отделение ремонта электромеханической части.

### **Вопросы для повторения:**

1. Виды неисправности в трансформаторе, их признаки и причины?
2. Расскажите о последовательности разборки трансформатора?
3. Какие работы выполняют при ревизии трансформатора?
4. Перечислите операции при демонтаже обмоток трансформатора?

## **1.15 Монтаж и ремонт трансформаторных подстанций**

План занятий:

1. Монтаж трансформаторных подстанций.
2. Заземляющие устройство трансформаторных подстанций.
3. Эксплуатация аккумуляторов.
4. ТБ при обслуживании.

### **Монтаж трансформаторных подстанций**

Трансформаторные подстанции предназначены для преобразования и распределения электрической энергии. По конструктивному исполнению они разделяются на мачтовые (столбовые), комплектные (КТП) и закрытые. На открытых мачтовых

подстанциях оборудование устанавливают на опорах воздушных линий или на специальных высоких конструкциях. Комплектные трансформаторные подстанции состоят из трансформаторов и металлических шкафов-блоков, в которых находятся в полностью собранном виде элементы присоединения к сети высокого напряжения 35 и 6 кВ и элементы распределительного устройства напряжения 380 и 220 В. В закрытых трансформаторных подстанциях все оборудование устанавливают в здании.

Мачтовые трансформаторные подстанции имеют А-, П- или АП-образные конструкции, изготавливаемые из деревянных или железобетонных стоек. На базе А-образной конструкции (иногда на одностоечной опоре) выполняют однофазные трансформаторные подстанции мощностью 5... 10 кВ-А (рис. 60). При этом А-образная конструкция одновременно может быть и концевой опорой воздушной линии высокого напряжения. На траверсе опоры монтируют разъединитель, разрядник, ниже — предохранители и силовой трансформатор. На уровне, удобном для обслуживания, расположен распределительный щит 0,23 кВ. Подстанции не имеют площадки для обслуживания силового трансформатора и высоковольтного оборудования.

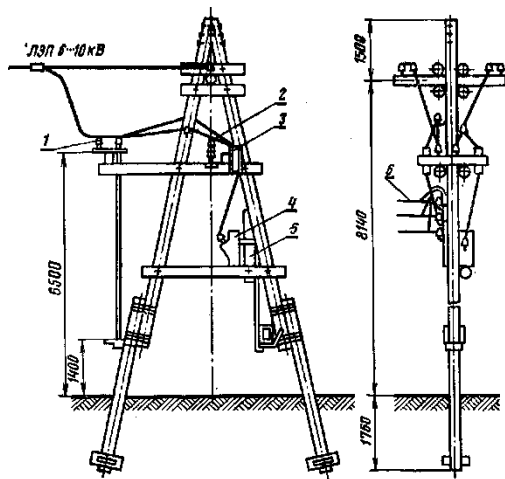


Рис. 61. Общий вид подстанции на А-образной деревянной опоре: 1 — разъединитель на 6...10 кВ с приводом; 2 — разрядник

на 6...10 кВ; 3 — предохранители на 6...10 кВ; 4 — силовой трансформатор; 5 — распределительный шкаф на 380/220- В; 6 — воздушная линия на 0,38 кВ.

Подстанции П-образной конструкции используют с трехфазными трансформаторами мощностью до 100 кВ-А включительно (рис. 61). Разъединитель устанавливают на концевой опоре линии высокого напряжения. На П-образной конструкции устанавливают разрядники, высоковольтные предохранители, силовой трансформатор, ниже, на уровне обслуживания, — распределительный щит 0,4 кВ. Для обслуживания высоковольтного оборудования и силового трансформатора сооружают специальную площадку. Для подъема на площадку предусмотрена лестница, закрываемая на замок в сложенном положении.

Конструкции АП-образной формы применяют для подстанций с трансформаторами мощностью 160 и 250 кВ-А (рис. 62). Аналогично на опоре размещают все оборудование и она же является концевой опорой высоковольтной линии.

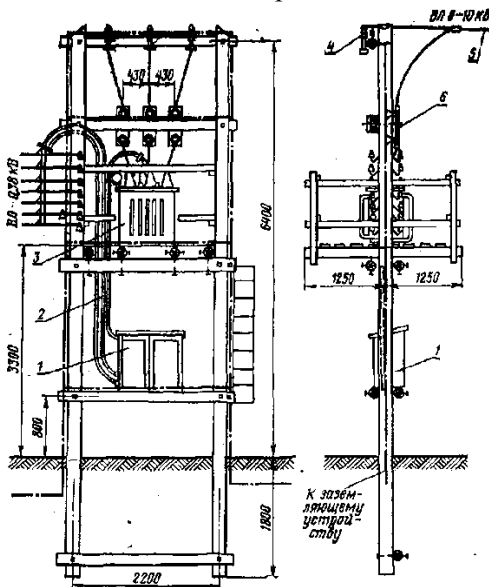


Рис. 61. Общий вид подстанции на П-образной опоре: 1 — распределительное устройство на 0,38 кВ; 2 — трубы для про-

водов 0,38 кВ; 3 — силовой трансформатор; 4 — разрядник на 6...10 кВ; 5 — воздушная линия на 6...10 кВ; 6 — предохранитель на 6...10 кВ.

Наиболее широкое, преобладающее применение нашли комплектные трансформаторные подстанции (КТП). Тупиковая КТП с воздушным вводом и трансформатором мощностью до 250 кВ-А приведена на рисунке 63. Разъединитель расположен на концевой опоре воздушной линии. Разрядники крепят снаружи задней стенки шкафа высоковольтных предохранителей, а ниже — силовой трансформатор. Рядом, на одном уровне с силовым трансформатором, устанавливают распределительный шкаф низкого напряжения. КТП устанавливают на двух (или четырех) железобетонных стойках. В качестве стоек используют типовые приставки ПТ опор воздушных линий длиной 3,25 м и 4,25 м или унифицированные стойки УСО-3А. Высота установки КТП над уровнем земли должна быть не менее 1,8 м, а расстояние от земли до высоковольтного ввода — не менее 4,5 м.

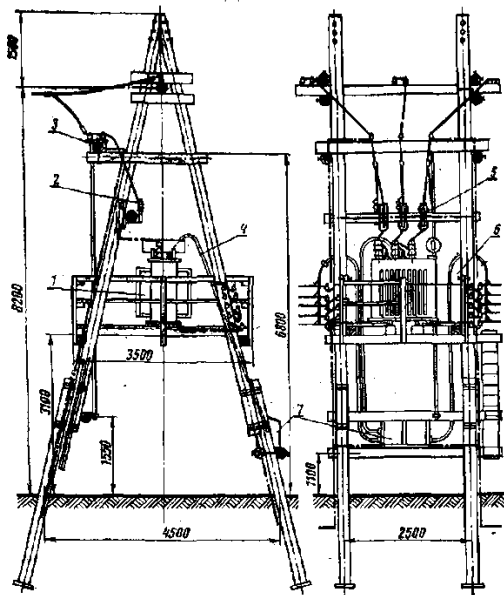


Рис. 62. Общий вид подстанции на АП-образной опоре: 1 — силовой трансформатор; 2 — разрядник на 6...10 кВ; 3 — разъеди-



нитель с приводом; 4 и 6 — трубы для проводов 380/220 В; 5 — предохранитель на в...10 кВ; 7— распределительные шкафчики 380/220 В.

Ограждать КТП не обязательно. При расположении их в местах возможного скопления людей (школы и т. п.) их нужно ограждать.

Для удобства обслуживания на высоте 0,5...0,75 м от поверхности земли предусмотрена площадка, шарнирно соединенная со стойками, которую после окончания работ поднимают в вертикальное положение и запирают на замок.

Промышленность выпускает КТП проходного типа (КТПП) мощностью до 2Х630 кВ-А с кабельными и воздушными вводами. КТПП представляет единый блок и состоит из низковольтного, высоковольтного и силового отсеков. В отсеке высоковольтного оборудования размещены выключатель нагрузки, разъединитель и вентильные разрядники.

В зависимости от типа грунта и местных условий КТП устанавливают на фундаменты из железобетонных стоек УСО-5А, закрепленных в сверленных котлованах. КТП можно ставить на стойки типа УСО-4А или приставки ПТО-1,7-3,25, положенные горизонтально на песчаное основание. Этот вариант рекомендуется при скальных грунтах, при песчаных грунтах с крупной галькой и валунами, когда бурение котлованов затруднительно. Раму-основание КТПП приваривают к железобетонным элементам фундаментов.

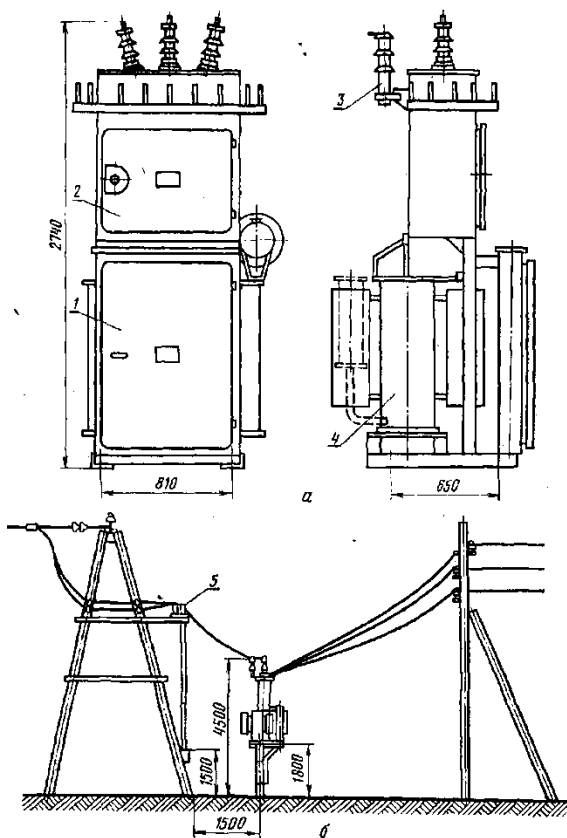


Рис. 63. Общий вид (а) и установка (б) комплектной подстанции КТП-160: 1 — распределительное устройство на 380/220 В; 2 — вводное устройство напряжением 6...10 кВ; 3 — разрядник; 4 — силовой трансформатор; 5 — разъединитель с приводом.

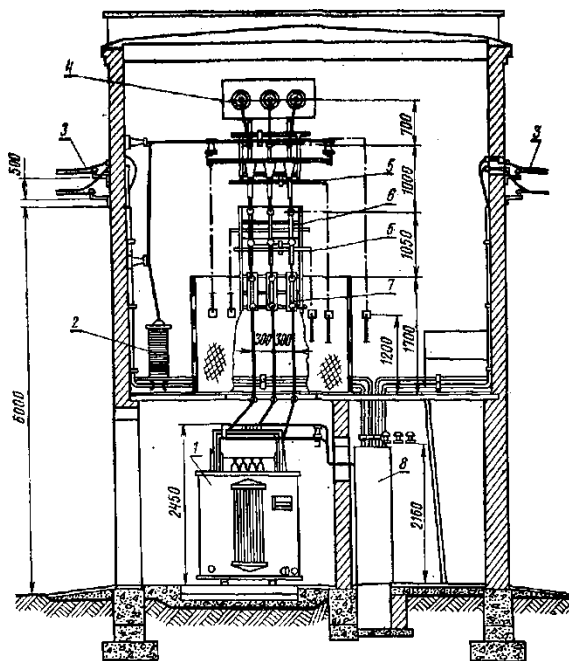


Рис. 64. Трансформаторная подстанция закрытого типа с воздушным вводом 20 кВ и двумя трансформаторами до 400 кВ-А каждый: 1 — силовой трансформатор; 2 — разрядник; 3 — выходы линий 0,38 кВ; 4 — вводы 20 кВ; 5 — заземляющие ножи; 6 — разъединитель; 7 — предохранители; 8 — распределительное устройство на 0,38 кВ.

Закрытые трансформаторные подстанции применяют у ответственных сельскохозяйственных потребителей I и II категории с двухсторонним питанием (птицефабрики, животноводческие комплексы и т. п.). Обычно это двухтрансформаторные подстанции с автоматическим включением резерва. Их размещают в кирпичном двухэтажном неотапливаемом здании (рис. 64). На первом этаже монтируют силовые трансформаторы и щит низкого напряжения, на втором — распределительное устройство высокого напряжения. Фундаменты под здание собирают из блоков серии ИИ-03-02 или выполняют ленточными

бутобетонными. Покрытие и перекрытие выполняют из сборных железобетонных панелей.

В целях создания безопасных условий труда на подстанциях заземляют нейтраль обмоток низшего напряжения силового трансформатора. В соответствии с ПТБ заземляют также все металлические корпуса, кожухи оборудования и аппаратуры (разъединитель, выключатель, щиты низкого напряжения и т. д.), которые вследствие нарушения изоляции могут оказаться под напряжением. Сопротивление заземляющего устройства (Ом) при протекании по нему расчетного тока замыкания на

землю в любое время года должно быть не более  $R \leq \frac{125}{I_s}$ , а сопротивление заземляющего устройства на подстанциях с учетом использования естественных и повторных заземлений нулевого провода на ВЛ до 1000 В должно быть не более 4 Ом для электроустановок 380/220 В и 8 Ом для электроустановок напряжением 220/127 В.

В качестве заземляющего устройства в первую очередь используют естественные заземлители (проложенные в земле металлические трубопроводы, металлические конструкции, оболочки кабелей и т. п.).

Контуры заземления» (заземляющее устройство) обычно выполняют из нескольких заземлителей (количество зависит от удельного сопротивления грунта в месте сооружения подстанции и требуемого сопротивления заземляющего устройства), представляющих собой стальные стержни диаметром 10...12 мм, длиной до 5 м, вертикально погруженных в грунт и соединенных между собой круглой сталью диаметром 10 мм при помощи сварки. Вместо круглой стали можно изготовить вертикальные заземлители из угловой стали 40X40X4 мм длиной 2,5 м, а горизонтальные соединители из полосовой стали сечением 25X4 мм.

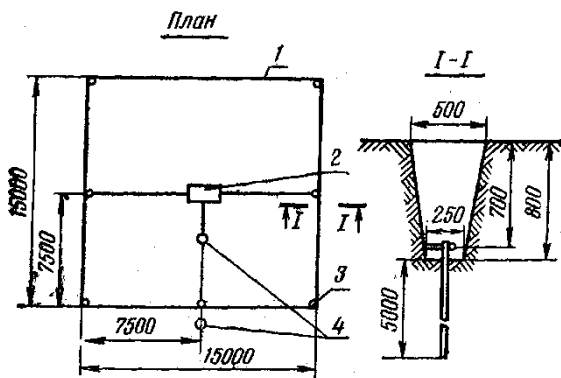


Рис. 65. Заземляющее устройство подстанции напряжением 10/0,4 кВ мощностью 250 кВ-А; 1 — горизонтальный заземлитель; 2 — подстанция; 3 — электрод заземления; 4 — концевая опора 10 кВ.

Вертикальные заземлители погружают так, чтобы верхний конец был на 70 см ниже уровня земли. Горизонтальные заземлители прокладывают на уровне верхних концов вертикальных заземлителей. Все подземные соединения и присоединение заземляющих проводников к заземляемым конструкциям выполняют сваркой, а к корпусам аппаратов — сваркой или болтами. Каждый заземляемый элемент подстанции присоединяют к заземляющему контуру при помощи отдельного ответвления. Последовательно включать в заземляющий проводник несколько заземляемых частей установки запрещается. Пример заземляющего устройства для удельного сопротивления грунта  $\rho = 1 \cdot 10^2$  Ом-м и  $R < 4$  Ом приведен на рисунке 65.

### Вопросы для повторения:

1. Что называется трансформаторной подстанцией?
2. Какие виды трансформаторных подстанций вы знаете?
3. Как выполняют контур заземления для трансформаторных подстанций?
4. Нормы сопротивления заземляющих устройств для ТП?

## 1.16 Эксплуатация аккумуляторов

План занятий:

1. Щелочные аккумуляторы.
2. Кислотные аккумуляторы.
3. Техника безопасности при обслуживании аккумуляторов.

### Щелочные аккумуляторы

Щелочные аккумуляторы используют в основном на электрокарах и некоторых погрузочно-разгрузочных машинах. Устройство щелочно-железо-никелевого аккумулятора показано на рисунке 66.

В качестве электролита в них применяется раствор щелочи. Для приготовления электролита в специальные стальные баки наливают дистиллированную воду и постепенно, мешая воду стальным прутком, погружают в нее размельченные куски едкого кали. Раствор выдерживают в баке 15—20 ч для охлаждения и отстоя. Затем верхний слой электролита сливают и добавляют дистиллированную воду, добиваясь нужной плотности. Для эксплуатации 3 летнее время при температуре окружающей среды не выше  $30^{\circ}\text{C}$  готовят электролит плотностью  $1,23\text{ г/см}^3$ , а в более жарких условиях плотность понижают до  $1,20\text{ г/см}^3$ . В зимних условиях при температуре ( $-35^{\circ}\text{C}$ ) используют электролит плотностью  $1,27\text{ г/см}^3$ .

Для приготовления электролита нужной плотности можно также использовать готовый калиеволитиевый электролит плотностью  $1,41\text{ г/см}^3$ .

Для заливки электролита в аккумуляторы используют стальную воронку с резиновым наконечником, чтобы избежать замыкания пластин с крышкой аккумулятора. Электролит наливают из стальной кружки объемом 2 л. Заливать электролит можно при температуре не выше  $30^{\circ}$

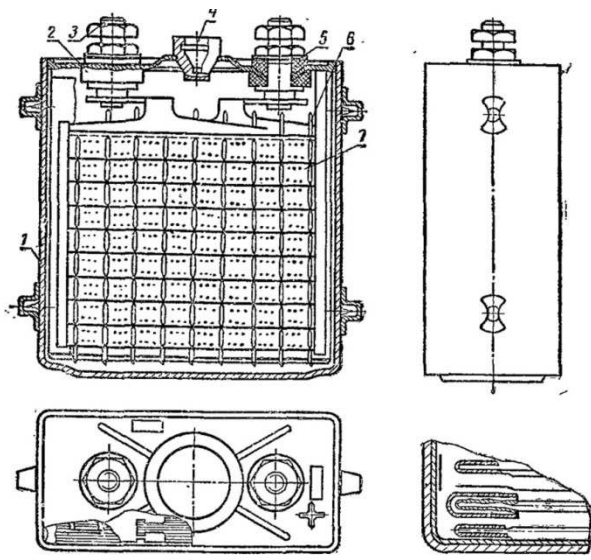


Рис. 66. Устройство щелочно-железо-никелевого аккумулятора: 1 — стальной бак; 2 — эбонитовые втулки; 3 — выводной штырь; 4 — пробка; 5 — резиновые уплотнители; 6 — изоляционные стержни; 7 — пакеты отрицательных и положительных пластин.

Режимы зарядки. Для щелочно-никелевых аккумуляторов применяют три режима зарядки: нормальный, усиленный и ускоренный.

Зарядку аккумуляторов по нормальному режиму проводят нормальным зарядным током в течение 7 ч.

Усиленный режим зарядки используют после смены электролита, при разрядке батареи ниже допустимой, на каждом десятом цикле заряд-разряд при регулярной эксплуатации и через месяц при нерегулярной, а также при хранении аккумулятора до полугода. Зарядку проводят нормальным зарядным током в течение 12 ч. Ускоренный режим зарядки проводят в случае крайней необходимости. Зарядку ведут ступенчато: первые 2,5 ч удвоенным нормальным током и следующие 2 ч нормальным зарядным током.

Температура электролита в период зарядки батареи не должна превышать 30—40°C. При увеличении температуры свыше допустимой аккумулятор отключают от источника питания и дают ему остынуть. После окончания зарядки через 1—2 ч проверяют уровень электролита, закручивают пробки и насухо протирают аккумулятор.

Через каждые 25—30 циклов заряд-разряд или после хранения аккумулятора до двух лет проводят тренировочные циклы. Количество циклов может достигать трех. В период первых двух циклов проводят 12-часовую зарядку нормальным зарядным током. Затем батарею разряжают до напряжения не ниже 1 В на элемент. В третьем цикле зарядку батареи ведут нормальным током в течение 7 ч, затем также разряжают. Аккумулятор считается годным, если напряжение, приходящееся на каждый его элемент, в конце разрядки будет не менее 1 В.

Уход за щелочными аккумуляторами. В процессе эксплуатации следует содержать аккумуляторы в чистоте, периодически протирать их ветошью. Необходимо проверять крепление батареи в контейнере, крепление клемм и проводов, а также уровень и плотность электролита. Уровень электролита проверяют перед каждой зарядкой, а плотность — через 3—5 циклов работы. Эксплуатация аккумулятора с низким уровнем электролита приводит к быстрому снижению емкости.

При снижении уровня электролита в аккумуляторы следует долить дистиллированную воду, если ее нет, можно использовать обычную подщелоченную воду. В этом случае в ней следует растворить 5—10 г едкого кали или 20—25 см<sup>3</sup> готового электролита плотностью 1,23 г/см<sup>3</sup> на 1 л воды и дать отстояться в течение суток.

Для предупреждения снижения емкости аккумуляторов электролит нужно периодически заменять: для батарей, работающих на составном электролите, через каждые 100 циклов заряд-разряд, но не реже одного раза в год, а при работе на электролите без лития — через 50 циклов. Перед заменой электролита секции необходимо промывать водой.

При переходе на зимнюю или летнюю эксплуатацию проводят сезонное обслуживание аккумуляторов. Так, при переходе на зимнюю эксплуатацию проводят контрольную разрядку и



определяют остаточную емкость, затем проводят тренировочный цикл и дают усиленную зарядку. В зимнее время батарею утепляют.

Неисправности щелочных аккумуляторов. Одна из наиболее распространенных неисправностей щелочных аккумуляторов — снижение емкости. Причины этой неисправности следующие: длительная работа без смены электролита, использование в летнее время электролита без добавления едкого лития. В этих случаях работоспособность батареи можно восстановить.

Безвозвратная потеря емкости из-за изменения химического состава пластин или их замыкания может произойти при попадании в электролит кислоты, при эксплуатации с повышенным уровнем электролита, при разбухании пластин. Такой аккумулятор следует заменить. Замене подлежит также аккумулятор, емкость которого снизилась более чем на 25% от номинальной.

Быструю разрядку батареи может вызвать замыкание между баками отдельных аккумуляторов вследствие попадания металлических предметов.

Хранение щелочных аккумуляторов. В течение непродолжительного периода аккумуляторы можно хранить непосредственно на месте установки. На более длительное хранение батареи нужно помещать в сухие неотапливаемые и вентилируемые помещения. Причем до года аккумуляторы целесообразно хранить с электролитом, а свыше года — в сухом виде.

Перед установкой аккумулятора на хранение следует очистить его от пыли и грязи, снять перемычки между батареями, влить в каждый элемент вазелиновое масло и нанести слой вазелина на неокрашенные части. Если аккумулятор хранится с электролитом, то перед установкой на хранение нужно довести его плотность до  $1,27 \text{ г/см}^3$  и не реже 1 раза в три месяца контролировать уровень электролита.

### **Кислотные аккумуляторы**

Кислотные аккумуляторы используются в системах автотракторного электрооборудования и в ряде стационарных установок.

Устройство свинцово-кислотного аккумулятора приведено на рисунке 67. Электролит для этих аккумуляторов готовят из аккумуляторной серной кислоты (ГОСТ 667—63) и дистиллиро-

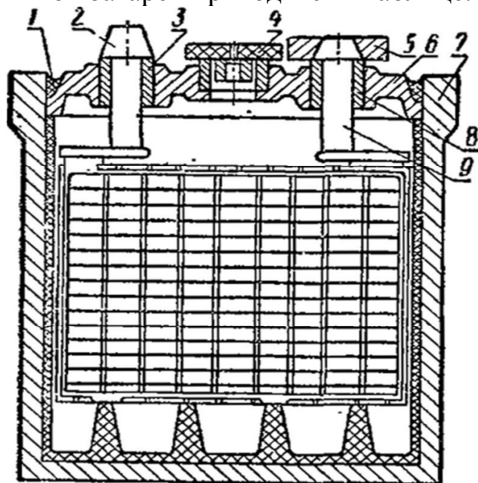
ванной воды. Его готовят в стойкой против серной кислоты посуде (керамическая, эбонитовая, свинцовая). Причем в посуду заливают вначале воду, а затем тонкой струйкой кислоту при непрерывном перемешивании. Количество кислоты плотностью  $1,83 \text{ г/см}^3$  при  $15^\circ \text{ С}$ , которое необходимо добавить на 1 л воды для получения электролита нужной плотности. Электролит заливают в батарею через стеклянную или свинцовую воронку. Причем его температура должна быть не выше  $25^\circ \text{ С}$ .

При работе с кислотным электролитом следует соблюдать меры предосторожности, так как серная кислота вызывает ожоги и разрушает органические материалы.

Рекомендуемая плотность электролита при  $15^\circ \text{ С}$  для различных климатических зон.

После заливки электролита следует дать возможность пластинам пропитаться электролитом. Для этого аккумуляторы нужно выдержать перед зарядкой определенное время: новые незаряженные батареи 4—6 ч, новые сухо заряженные батареи 3 ч.

Режим зарядки. Значение зарядного тока для некоторых типов батарей приводится в таблице.



*Рис. 67. Кислотный аккумулятор: 1 – заливочная мастика; 2 и 9 – выводные штыри; 3 и 8 – свинцовые втулки; 4 – пробка; 5 – межэлементная перемычка; 6 – крышка аккумулятора; 7 – бак.*

Продолжительность зарядки определяется в зависимости от типа аккумулятора и срока его хранения с момента изготовления. Так, для аккумуляторов с заряженными пластинами, хранящимися до ввода в эксплуатацию не больше года, продолжительность зарядки составляет 3—5 ч, а свыше года —5—25 ч. Для аккумуляторов с частично заряженными пластинами в зависимости от срока хранения продолжительность зарядки составляет 25—50 ч.

В период зарядки необходимо контролировать температуру электролита. Она не должна превышать 40° С. Зарядку ведут до тех пор, пока не наступит обильное газовыделение во всех элементах, а плотность электролита и напряжение батареи будут постоянны в течение 3 ч.

Плотность электролита в конце зарядки не должна отличаться более чем на 0,01 г/см<sup>3</sup> от рекомендованной для данного климатического района.

Уход за кислотными аккумуляторами. При эксплуатации нужно очищать батарею от пыли и грязи чистой ветошью, проверять крепление батареи в гнезде, состояние контактов накопечников и клемм. Если засорились вентиляционные отверстия, то их следует прочистить.

Уровень электролита должен быть на 15—20 мм выше предохранительного щитка. При понижении уровня электролита следует доливать дистиллированную воду. Если степень разряженности батареи (по плотности электролита) составляет более 25% зимой и более 50% летом, то аккумулятор следует подзарядить. При переходе с летней эксплуатации на зимнюю или наоборот следует подзарядить аккумулятор до рекомендуемых значений. В зимнее время батареи необходимо утеплять.

Неисправности кислотных аккумуляторов. К основным неисправностям кислотных аккумуляторов относятся повреждение крышек, баков, заливочной мастики, излом штырей, разрушение пластин сепараторов, замыкания пластин и их сульфатация. Внешние неисправности возникают из-за неправильной эксплуатации и воздействия механических усилий. Замыкание пластин происходит вследствие их разрушения, накопления шлама на дне бака и т. д. Признаки замыкания следующие: незначительное повышение плотности электролита и напряжения

в конце зарядки; слабое газовыделение при низком напряжении и уровне плотности электролита, сильное снижение напряжения при кратковременном разряде, низкое напряжение у отдельных элементов батареи при нормальной плотности электролита.

При разрядке аккумулятора на электродах образуется сульфат свинца, который не растворяется в электролите и откладывается на пластинах в виде кристаллов. При этом емкость батареи снижается. Процесс сульфатации пластин ускоряется при эксплуатации аккумуляторов с пониженным уровнем электролита или с электролитом, плотность которого выше рекомендуемой и в котором есть примеси.

Признаки сульфатации батареи таковы: высокое по сравнению с обычным напряжение в начале зарядки, преждевременное газовыделение, быстрое повышение температуры электролита и незначительное увеличение его плотности, низкое напряжение при разрядке и пониженная емкость.

Работоспособность батареи с незначительной сульфатацией пластин можно восстановить без замены пластин. Ремонт кислотных аккумуляторов проводят в специальных мастерских.

Хранение кислотных аккумуляторов. Не бывшие в эксплуатации аккумуляторные батареи хранят в сухих помещениях при температуре окружающего воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$ . Максимальный срок хранения батареи с сепараторами из мипора, мипласта или материалов, комбинированных с ними,—2 года, а с сепараторами из дерева или материалов, комбинированных с ними,—1 год.

Батареи, частично бывшие в эксплуатации, перед установкой на хранение очищают от пыли и грязи, осматривают и проверяют в них уровень электролита. Затем аккумулятор заряжают и доводят плотность электролита до  $1,285 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$ . Эти батареи хранятся в помещениях при температуре выше  $0^{\circ}\text{C}$ , как и новые.

Аккумуляторы, хранящиеся с электролитом, ежемесячно подзаряжают током нормального заряда и один раз в три месяца проводят для них контрольно-тренировочный цикл заряд-разряд.

В настоящее время разработаны рекомендации по хранению кислотных аккумуляторов в прохладном помещении при температуре не выше  $0^{\circ}\text{C}$  и не ниже  $-25^{\circ}\text{C}$  без подзаряда. Плотность электролита должна быть не ниже  $1,25 \text{ г/см}^3$ . В этом

случае увеличивается срок службы деревянных сепараторов и резко снижается саморазряд батарей.

### **Техника безопасности при обслуживании аккумуляторов**

Во время приготовления электролита, его заливки, установки аккумулятора на зарядку необходимо работать в резиновых перчатках и обуви, в фартуке и защитных очках.

Помещения, в которых работают с аккумуляторными батареями, должны быть оборудованы общей и местной вентиляцией. В них запрещается хранить и принимать пищу, а также курить.

Приготовливая электролит для щелочных аккумуляторов, следует помнить, что при растворении щелочи выделяется тепло, поэтому раствор нужно перемешивать. Куски щелочи голыми руками брать не следует. Применять стеклянную посуду при растворении щелочей не рекомендуется, так как она может разбиться, а работающий— пострадать. Кроме того, концентрированный раствор щелочи выщелачивает стекло и разрушает органические ткани (кожу, волосы и др.). При попадании щелочи на незащищенные места ее можно нейтрализовать 3-процентным раствором борной кислоты.

При приготовлении электролита для кислотных аккумуляторов следует строго соблюдать существующие правила: приливать кислоту в воду, а не наоборот. При изготовлении и заливке электролита нужно пользоваться только стеклянной или изготовленной из свинца посудой. Переливать кислоту или готовый электролит лучше при помощи специальных сифонов.

Серная кислота даже слабой концентрации разрушает все органические материалы и причиняет ожоги. При попадании электролита на одежду или обувь нужно промыть облитое место большим количеством воды, а затем нейтрализовать кислоту раствором бикарбоната натрия (питьевой соды) или нашатырного спирта. Если кислота попала на незащищенные части тела, то необходимо сразу же обмыть это место большим количеством воды и также нейтрализовать.

### **Вопросы для повторения:**

1. Как приготовить электролит для щелочного аккумулятора?
2. Каковы режимы зарядки щелочных аккумуляторов?
3. Как приготовить электролит для кислотных аккумуляторов?
4. Каковы основные неисправности щелочных аккумуляторов?
5. Каковы режимы зарядки кислотных аккумуляторов?
6. Какие неисправности бывают у кислотных аккумуляторов?
7. Каковы правила хранения кислотных аккумуляторов?

## **Дополнительная литература для студентов**

1. «Электрические аппараты» М.: «Академия» 2013 г.
2. Сибикин Ю.Д. «Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий» М.: Академия 2014 г.
3. Р.А. Кисаримов, Справочник электрика.- М.: Издательское предприятие Радио Софт 2006 г.;

## **Использованная литература**

1. Макиенко Н.И. «Практические работы по слесарному делу: Учебное пособие для проф. учебн. заведений» 5-е издание, стер.- М.: Высшая школа; Издательский центр «Академия» 2001. ISBN 5-06-003609-X
2. Н.А. Акимова, Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин; под общ. ред. Н.Ф. Котеленца. – 10-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2013.
3. Шеховцов В.П. «Осветительные установки промышленных и гражданских объектов» М. Форум 2009 г.

Учебное издание

В.И. Ковалев

ПМ05 МДК 05.01. Выполнение работ по рабочей  
профессии электромонтер по ремонту и обслуживанию  
электрооборудования

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 19.11.2015 г. Формат 60x84 1/16  
Бумага печатная. Усл. п.л. 16,96. Тираж 25 экз. Изд. № 3882.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ