

ББК 31.2 я 72  
Г 96  
УДК 621.311.002.72(075.3)—

Рецензенты: В. Б. Атабеков, М. С. Живов,  
М. Л. Понок

30404—139  
Г М 304(05)—79 56—80 2302030000

© Издательство «Высшая школа», 1979.

## Глава 1. ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

### 1.1. Производство электроэнергии на электрических станциях

Согласно закону сохранения и превращения энергии, электрическая энергия может быть получена только за счет использования какого-либо другого вида энергии (сгорающего топлива, падающей воды, ветровых воздушных потоков и т. д.). Ее вырабатывают на промышленных предприятиях — электрических станциях, которые в зависимости от рода первичной энергии подразделяются на тепловые, атомные, гидравлические, ветровые и др.

В настоящее время основным источником электроэнергии (примерно 80% всей выработки) являются *тепловые* электростанции, потребляющие твердое топливо (каменный уголь, торф, сланец, отходы древесины) и жидкое или газообразное (нефть, мазут, природный газ). На *атомных* электростанциях используется энергия, выделяющаяся при распаде атомных ядер, на *гидравлических* — кинетическая энергия падающей воды или морских приливов. На *ветроэлектрических, геотермических, гелиоэнергетических* станциях первичной энергией являются кинетическая энергия ветра, тепло подземных источников и солнечная энергия.

На станциях любого типа электрическая энергия вырабатывается специальной машиной — *синхронным генератором*, с помощью которого получают трехфазный переменный ток промышленной частоты (50 Гц).

### 1.2. Электроснабжение электроприемников

Подача электроэнергии непосредственно к электроприемникам (электродвигателям, электропечам, осветительным устройствам, бытовым электроприборам и др.) — это последний этап электроснабжения. До этого необходимо выработать электроэнергию, передать ее на определенное расстояние и распределить.

В зависимости от мощности электрической станции, степени удаления ее от потребителей и характера нагрузки схемы электроснабжения могут быть самыми разнообразными. Они могут включать в себя одну или несколько электростанций, сотни километров линий электропередачи, десятки, а иногда и сотни подстанций, наконец, разветвленную распределительную сеть питания потребителей.

В качестве примера рассмотрим систему электроснабжения (рис. 1.1), в которой электрическая энергия вырабатывается на тепловой электростанции 1 и по воздушной линии электропередачи 2 передается на распределительную подстанцию 3 открытого типа. Таких подстанций обычно бывает несколько в зависимости от характера расположения потребителей. Далее электрическая энергия по воздушным или кабельным линиям 4 передается к многочисленным трансформаторным подстанциям 5 и затем по кабельным или воздушным линиям 6 непосредственно к потребителям.

### 1.3. Электроустановки

Все электрические устройства сооружаются по определенным правилам, сведенным в сборник «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ). «Правила» составлены на основании практического опыта применения электроэнергии, решений научно-технических обществ и проектных институтов. В них учтены рекомендации энергосистем, проектных и монтажных организаций, промышленных предприятий и др. Они обязательны для применения на всей территории СССР и касаются вновь сооружаемых и реконструируемых электроустановок.

Согласно ПУЭ, электроустановками называются такие устройства, в которых производится, преобразуется, распределяется и потребляется электроэнергия. Все они делятся на *установки напряжением до 1000 В* и *установки напряжением выше 1000 В*.

По способу исполнения различают открытые и закрытые электроустановки. *Открытыми* или *наружными* называются электроустановки, находящиеся на открытом воздухе или защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п. К ним можно отнести воздушные линии, открытые трансформаторные подстанции и др. *Закрытыми* или *внутренними* считаются установки, находящиеся в закрытом помещении (силовое электрооборудование в цехах промышленных предприятий, оборудование в зданиях электростанций, трансформаторных подстанций и т. д.).

Специальным видом электроустановок является *электропомещение* — помещение или отгороженные части его с находящимся в эксплуатации электрооборудованием, доступные только для обслуживающего персонала.

### 1.4. Классификация помещений по условиям окружающей среды

Провода и кабели, электродвигатели и светильники, пусковая аппаратура и защитные устройства — все электрооборудование, выпускаемое нашей промышленностью, рассчитано на работу в самых разнообразных условиях.

Для того чтобы электрические устройства имели большой срок службы, были надежны в работе и безопасны для окружающих, их следует выполнять с учетом свойств окружающей среды. Так, например, в квартире и в подвальном помещении одного и того же

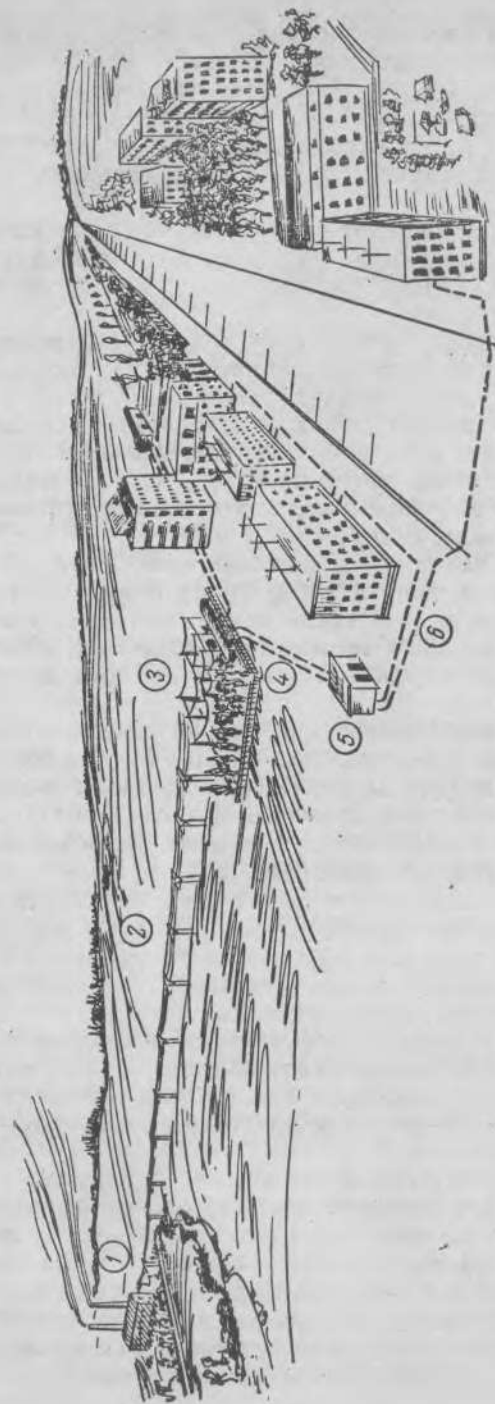


Рис. 1.1. Схема электроснабжения потребителей

жилого дома виды электропроводок должны быть разными. Большая разница между электрооборудованием металлообрабатывающего цеха и шахты, в которой имеется большое количество влаги, пыли и взрывоопасных газов. Поэтому изучение различных видов электромонтажных работ невозможно без предварительного ознакомления с классификацией помещений по условиям окружающей среды.

Согласно ПУЭ, различают следующие виды помещений. *Сухие* помещения — это помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60% (жилые, учебные, конторские и многие виды производственных).

*Влажными* называют помещения, в которых, временно и в небольших количествах выделяются пары или конденсирующаяся влага, причем влажность воздуха составляет 60...75% (кухни и ванные комнаты в жилых домах, отапливаемые подвалы и т. п.).

*Сырыми* являются помещения, относительная влажность воздуха в которых длительно превышает 75% (помещения для сушки изделий из дерева или керамики, общественные душевые и многие производственные помещения).

*Особо сырыми* называют помещения, относительная влажность воздуха в которых близка к 100% (бани и др.). Потолок, стены и предметы, находящиеся в таком помещении, покрыты влагой.

Помещения, в которых температура воздуха длительно превышает 30 °С, считают *жаркими* (шахты, кузнечные, литейные и металлургические цехи).

К *пыльным* относят помещения, где по условиям производства выделяется столько технологической пыли, что она оседает на проводах, проникает внутрь электрических машин и аппаратов. Их разделяют на помещения с проводящей пылью (шахты, торфобрикетные заводы) и с непроводящей пылью (лесопильные и мукомольные предприятия, сахарные заводы).

Помещениями с *химически активной средой* являются помещения, в которых по условиям производства постоянно или длительное время содержатся пары или образуются отложения, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования (цехи химических заводов, аккумуляторные станции и т. п.).

На конструкцию электрооборудования и методы его монтажа оказывает влияние не только среда помещения, но и его особенности с точки зрения возможности пожара или взрыва. В соответствии с этим ПУЭ содержит характеристику пожароопасных помещений и взрывоопасных зон.

К *пожароопасным* относят помещения и наружные установки, где применяются или хранятся горючие вещества, имеются горючая пыль, а также твердые и волокнистые вещества, переходящие во взвешенное состояние и способные воспламениться.

*Взрывоопасными* называют установки (открытые и закрытые), в которых по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные смеси горючих газов или паров с воздухом или с кислородом и другими газами-окислителями.

## 1.5. Классификация помещений по степени опасности поражения электрическим током

Если человек попадает под напряжение из-за повреждения изоляции, выхода из строя электрооборудования или вследствие нарушения правил техники безопасности, возникает большая опасность поражения электрическим током. Степень опасности поражения зависит не только от величины напряжения, но и от условий, в которых находился человек в момент поражения.

По степени опасности поражения человека электрическим током ПУЭ все помещения классифицируют следующим образом.

Помещения с *повышенной опасностью* характеризуются наличием одного из следующих условий: сырости или проводящей пыли; токопроводящего пола (металлического, земляного, железобетонного, кирпичного и т. п.); высокой температуры воздуха; возможности одновременного прикосновения человека к заземленным частям здания и установленным в нем механизмам — с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой.

*Особо опасные* помещения определяются присутствием одного из следующих условий: особой сырости; химически активной среды; одновременного наличия двух или более условий повышенной опасности.

К помещениям *без повышенной опасности* относятся помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

Жилые, учебные, конторские помещения являются помещениями без повышенной опасности. Производственное или складское помещение с железобетонным полом характеризуется повышенной опасностью, так как здесь есть для этого условие — проводящий пол. Но если в этом же помещении температура воздуха длительно будет превышать 30 °С, то оно перейдет в класс особо опасных — в нем будут присутствовать одновременно два условия повышенной опасности — токопроводящий пол и высокая температура.

## 1.6. Номинальные напряжения

Важнейшей характеристикой любого электрического прибора является величина номинального напряжения, при которой он может нормально и длительно работать (она обозначается на табличке машины, прибора или аппарата).

Величина номинального напряжения имеет большое значение для нормальной работы электрической аппаратуры. Так, на баллоне или цоколе лампы накаливания указано, что она работает на напряжении 220 В. Это означает, что если ее подключить к сети напряжением 220 В, то она будет создавать нормальный для нее световой поток и работать длительное время, гарантированное заводом-изготовителем. Если напряжение сети будет меньше номинального напряжения лампы, то срок ее службы несколько увеличится, но зато световой поток резко сократится. Наоборот, при уве-

Личении напряжения сети сверх номинального лампа будет давать больше света, но при этом срок ее службы станет во много раз меньше.

Величина питающего напряжения влияет и на режим работы электродвигателей. При повышении напряжения сверх номинального обмотки двигателя чрезмерно нагреваются, создается опасность повреждения изоляции. Если же электродвигатель работает при пониженном напряжении, то значительно уменьшается его номинальная мощность, а это в конечном итоге также приводит к перегреву его обмоток.

Аналогичным образом отклонение питающего напряжения от номинального значения нарушает работу любого электрического устройства. Поэтому «Правилами» предусматривается, что отклонение напряжения от номинального значения на зажимах электродвигателя не должно превышать 5%. Снижение напряжения для ламп освещения промышленных предприятий и общественных зданий должно быть не более 2,5%, а для ламп освещения жилых зданий — не более 5%. В то же время наибольшее напряжение на лампах, как правило, должно составлять не более 105% от номинального.

В соответствии с ГОСТом для электрических сетей и присоединяемых к ним потребителей приняты следующие номинальные напряжения переменного тока частотой 50 Гц:

- 127 В — для ламп накаливания, бытовых электроприборов;
- 220 В — для ламп накаливания, люминесцентных ламп, бытовых электроприборов и трехфазных электродвигателей, работающих в системе трехфазного напряжения 220/127 В;
- 380 и 660 В — для электродвигателей, работающих в системе трехфазного напряжения 380/220 или 660/380 В, для промышленного электрооборудования;
- 3000, 6000, 10 000, 20 000 и 35 000 В — для передачи электроэнергии на расстоянии до нескольких десятков километров;
- 110 000, 150 000, 220 000 и 330 000 В — для передачи электроэнергии на расстоянии до нескольких сотен километров;
- 500 000 и 750 000 В — для дальних и сверхдальних линий электропередачи большой мощности.

Передача электрической энергии от источника к потребителю всегда сопровождается потерей напряжения. Поэтому напряжение источника, называемое генераторным, превышает номинальное напряжение потребителя на 5% и составляет 133, 230, 400, 700, 3150, 6300, 10 500, 21 000, 38 500 В и т. д.

### 1.7. Категории электроприемников

С точки зрения электроснабжения современный промышленный город с многотысячным населением представляет собой огромное количество электроприемников. Здесь и станки на промышленных предприятиях, и городской электротранспорт, и освещение улиц, домов, учебных, торговых, культурных учреждений и т. д.

Перерыв в подаче электроэнергии нежелателен для любого потребителя, но если для одних потребителей перерыв в электроснабжении еще допустим на непродолжительное время, то для других он должен быть вообще исключен. Например, отключение электроэнергии в жилом доме создает определенные неудобства для его жильцов. Но даже кратковременный перерыв в подаче электроэнергии на такие объекты, как промышленные предприятия с автоматическими линиями, литейное производство, шахты, химические комбинаты причиняет большой ущерб, может вызвать массовый брак и недовыпуск продукции, выход из строя оборудования и даже создать опасность для здоровья и жизни людей.

Поэтому ПУЭ все электроприемники подразделяют на три категории.

**1-я категория** — электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение особо важных элементов городского хозяйства. Эти электроприемники должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания и перерыв их электроснабжения может быть допущен лишь на время автоматического ввода резервного питания.

**2-я категория** — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым недоотпуском продукции, простоям рабочих механизмов и промышленного транспорта, нарушением нормальной деятельности значительного количества городских жителей. Для электроприемников этой категории допустимы перерывы в электроснабжении на время, необходимое для включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой.

**3-я категория** — все электроприемники, не подходящие под определение 1-й и 2-й категорий (электроприемники цехов несерийного производства, вспомогательных цехов, небольшие поселки и т. д.). Для них допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, но не более одних суток.

? 1. Почему развитие энергетики в стране должно носить опережающий характер? 2. В чем преимущества ядерной энергетики по сравнению с другими методами получения электроэнергии? 3. Чем отличаются электропомещения от электроустановок? 4. Для чего электромонтажнику необходимо знать классификацию помещений по виду окружающей среды? 5. Перечислите признаки помещений с повышенной опасностью и объясните, почему каждый из них увеличивает опасность поражения током. 6. Почему одновременное наличие двух или нескольких признаков повышенной опасности создает особую опасность? 7. Объясните, какое значение для потребителей различных категорий имеет их бесперебойное снабжение электроэнергией.

## Глава 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ И ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ

### 2.1. Понятие о строительных нормах и правилах

В развитии народного хозяйства СССР, в создании материально-технической базы коммунизма огромную роль играет капитальное строительство, то есть сооружение заводов, фабрик, электростанций, шахт, больниц, школ, дорог, жилых домов и других объектов. Все требования, правила и нормы, связанные с производством строительных работ, сведены в сборник правил «Строительные нормы и правила» (СНиП), обязательных для всех строительных, проектных и монтажных организаций, а также предприятий промышленности строительных материалов. Кроме сборника СНиП, в строительстве действуют межреспубликанские технические условия (МРТУ), технические нормы, указания и инструкции по строительному проектированию и производству, по стройматериалам, вопросам труда и заработной платы и т. д. В эти документы вносятся необходимые изменения и уточнения по мере развития строительной техники, освоения новых стройматериалов, изделий, конструкций и оборудования, разработки новых типов зданий и сооружений, а также внедрения новых прогрессивных методов производства строительных и монтажных работ.

### 2.2. Классификация зданий и сооружений

Объекты, возводимые для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества, называются **сооружениями**. По геометрическому признаку все они делятся на **объемные** (здания всех видов и назначений), **площадочные** (спортплощадки, складские территории) и **линейные** (дороги, воздушные линии электропередачи, наружные трубопроводы). Сооружения, расположенные выше планировочной отметки территории, называются **надземными** (эстакады, путепроводы, башни), ниже планировочной отметки — **подземными** (подвалы, кабельные линии) и **глубинными** (колодцы, скважины).

Значительную группу сооружений составляют **здания**, которые, как правило, характеризуются наличием помещений, необходимых для деятельности человека. По назначению они делятся на жилые, общественные (детские учреждения, учебные заведения, торговые, медицинские, культурные, спортивные и т. д.), производственные, сельскохозяйственные и складские.

СНиП предусматривает также классификацию зданий и сооружений в зависимости от количества этажей: промышленные здания подразделяются на одноэтажные и многоэтажные, гражданские — на одноэтажные и малоэтажные (2...3 этажа), многоэтажные (до 10 этажей) и высотные (более 10 этажей).

По роду материалов наружных стен различают каменные здания (из естественного или искусственного камня), деревянные и смешанные.

По виду несущего остова различают здания с несущими наружными и внутренними стенами, каркасные здания, а также комбинированные схемы (например, коробчатая с несущими наружными стенами и внутренним каркасом).

По огнестойкости все здания и сооружения подразделяются на пять степеней. Степень огнестойкости характеризуется группой возгораемости и пределом огнестойкости основных строительных конструкций. В частности, строительные материалы и конструкции по возгораемости разделены на негорючие, выполненные из кирпича и бетона, трудногорючие — из трудногорючих материалов, а также из горючих, защищенных негорючей облицовкой, например деревянные оштукатуренные стены. Горючими называются конструкции, изготовленные из горючих материалов и не защищенные от огня или высоких температур.

### 2.3. Основные части зданий и сооружений

Любое здание или сооружение состоит из конструктивных элементов, выполняющих определенные функции. Основными из них являются фундамент, стены, опоры, перекрытия, крыша, перегородки, лестницы, окна, фонари и двери.

**Фундамент** — это подземная конструкция, воспринимающая нагрузку от здания и передающая их основанию, то есть грунту. Плоскость, которой фундамент опирается на грунт, называется подошвой, а расстояние от подошвы до поверхности земли — глубиной заложения фундамента.

**Стены** отделяют помещения от внешнего пространства (наружные) или от соседних помещений (внутренние). Они могут быть несущими, воспринимающими, кроме собственного веса, нагрузку от перекрытий и крыши и передающими ее фундаменту; самонесущими, воспринимающими собственный вес и нагрузку от ветра и передающими эту нагрузку фундаменту; не несущими, опирающимися на каркас и воспринимающими собственный вес в пределах одного этажа. Огнестойкая и, как правило, глухая стена называется **брандмауэром**.

**Опорами** называются столбы или колонны, которые поддерживают перекрытия и крышу (а иногда и стены) и передают нагрузки от них на фундамент.

Конструкции, разделяющие здание по высоте, носят название **перекрытий**. Они принимают и передают на стены или опоры приходящиеся на них нагрузки и, кроме того, обеспечивают пространственную жесткость здания. В зависимости от места установки перекрытия могут быть подвальными, междуэтажными и чердачными.

**Крыша** служит верхним ограждением здания или сооружения, защищаящим его от атмосферных осадков и ветра. Водоне-

проницаемую оболочку крыши называют кровлей, а пространство между крышей и чердачным перекрытием — чердаком. В современном строительстве чердачное перекрытие часто объединяют с крышей и тогда такая конструкция носит название бесчердачного покрытия или совмещенной крыши.

Перегородки — это внутренние стены, разделяющие этаж на отдельные помещения. Так же как и стены, они могут быть несущими и ненесущими в зависимости от характера нагрузки. Лестницы служат для сообщения между этажами и, как правило, располагаются в помещениях, огражденных стенами — лестничных клетках. Окна предназначены для естественного освещения помещений и для их проветривания. Если для освещения и проветривания здания окон недостаточно (картинные галереи или цех с пыльным производством), в перекрытиях устраивают фонари — большие проемы с остекленными подвижными рамами.

Двери служат для сообщения между помещениями (внутренние) или между помещениями и наружным пространством (наружные). В промышленных, складских и других зданиях для доставки оборудования и материалов устраивают ворота.

Кроме перечисленных, в состав здания могут входить и другие элементы — крыльцо, балкон и т. д.

При проектировании зданий и сооружений предусматривают искусственное освещение, санитарно-технические устройства (отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение, горячее и холодное водоснабжение, канализация, мусоропровод).

#### 2.4. Структура управления строительными работами

Всеми видами монтажных и специальных работ на объектах промышленного и гражданского строительства ведает Министерство монтажных и специальных работ (Минмонтажспецстрой СССР), в составе которого имеются Главные управления, осуществляющие руководство сооружением объектов по различным отраслям промышленности и по отдельным видам работ (Главхиммонтаж, Главнефтемонтаж, Главэлектромонтаж и т. п.).

Главэлектромонтаж (Главное управление по проектированию и производству электромонтажных работ) имеет в своем составе электромонтажные тресты во всех экономических районах СССР, трест «Электромонтажконструкция» и проектные, а также научно-исследовательские институты. Кроме того, действуют электромонтажные организации, входящие в республиканские министерства и управления.

Электромонтажный трест имеет управления по производству электромонтажных работ, по производству наладочных работ, производственно-технологической комплектации и механизации, лаборатории, учебный пункт и некоторые другие подразделения. Электромонтажное управление включает в себя монтажные участки,

организованные для непосредственного выполнения работ на объектах строительства, участок подготовки производства, мастерские электромонтажных заготовок (МЭЗ), участок комплектации, снабжения и транспорта.

Непосредственное руководство электромонтажными работами на строительных объектах осуществляют начальник участка, прорабы и мастера, причем у начальника участка, как правило, находятся в подчинении не менее двух прорабов, а у прораба — не менее двух мастеров.

Организационная структура строительного предприятия может отличаться от описанной, но в любом случае она должна представлять собой гибкую систему управления.

#### 2.5. Организация строительного монтажа работ

Строительство зданий и сооружений складывается из ряда строительных работ и отдельных процессов, наиболее сложные из которых называются комплексными. Весь комплекс работ по возведению здания можно разделить на пять этапов: подготовительные работы; нулевой цикл — все работы по возведению подземных конструкций здания до нулевой отметки, то есть до уровня пола первого этажа (отрывка котлованов и траншей, возведение фундаментов и подвальных этажей, ввод трубопроводов, гидроизоляция и т. д.); возведение надземной части здания — строительные монтажные работы по строительству здания, санитарно-технические, электромонтажные работы и монтаж оборудования; отделочные работы; благоустройство территории (озеленение площадки, устройство дорог, тротуаров, наружного освещения и т. д.).

Выполнение всех этих работ может осуществляться различными методами. *Последовательный* метод заключается в том, что отдельные здания или части большого здания (так называемые захватки) возводят последовательно, то есть строительство на последующей захватке начинают после полного завершения всех работ на предыдущей. При *параллельном* методе строительства здание или отдельные его части возводят одновременно. В этом случае значительно сокращаются сроки строительства, но требуется одновременно большое количество рабочих и соответствующих машин и механизмов. Суть наиболее эффективного и широко применяемого *поточного* метода состоит в том, что технологический процесс возведения объекта расчленяется на отдельные процессы по видам работ, причем продолжительность каждого из них должна быть одинакова. После выполнения определенного вида работы на одной захватке рабочие переходят на следующую захватку, а на предыдущей начинается следующий вид работы. В этом случае общая продолжительность строительства сокращается, эффективнее используются рабочие кадры, материальные ресурсы, машины и механизмы.

Строительство, как правило, ведется по проекту организации строительства (ПОС), включающему в себя свод-



траншеи для прокладки трубопроводов и кабелей. Выбор методов землеройных работ и типа машин, необходимых для их выполнения, проводится с учетом сроков строительства и наименьших затрат средств, труда и материалов. На заключительной стадии земляных работ часто погружают в грунт различные сваи для передачи нагрузки от зданий нижележащим слоям грунта. В строительстве используют деревянные, бетонные, железобетонные, стальные и другие виды свай. Свайные работы выполняют различными строительными машинами и кранами, молотами, домкратами, но наиболее широко используют погружение свай с помощью вибропогружателей.

Под каменными работами понимается выполнение конструкций из отдельных естественных или искусственных камней, соединяемых в одно целое с помощью вяжущего раствора. Различают следующие основные виды каменной кладки: кирпичную — из глиняного или силикатного кирпича; бутовую — из естественных камней неправильной формы или из камней, которым путем опиления или отесывания придана правильная форма; блочную — из мелких или крупных блоков (искусственных камней, изготовленных из вяжущих материалов и каких-либо заполнителей, например, шлака). Ведение каменной кладки требует наиболее высокой производительности труда и полноценного использования рабочего времени. Этому способствует предварительная разработка технологических карт и календарного плана-графика выполнения работ.

*Сборные железобетонные конструкции* широко применяются в промышленном, гражданском, жилищном, дорожном и других видах строительства. При возведении монолитных железобетонных сооружений производят следующие работы: подготовку, установку и снятие опалубки, изготовление и монтаж арматуры, приготовление, перевозку, укладку и уплотнение бетонной смеси и уход за бетоном. На всех стадиях железобетонных работ в современном строительстве используют высокоэффективные механизмы и приспособления, а также производительные методы труда. Так, в опалубочных работах широко применяют скользящие или разборные опалубки, при монтаже стальной арматуры — различные станки, подвесные сварочные аппараты и т. д. Бетонную смесь готовят в бетонорастворных узлах или передвижных бетоносмесительных установках, а транспортируют ее в автобетоновозах или с помощью бетононасосов.

Монтажом зданий и сооружений называют комплекс операций, в результате которых получают остов или даже почти законченный объект строительства. Процесс монтажа включает в себя перевозку и хранение на строительстве сборных деталей и элементов конструкций, их укрупнительную сборку и подготовку к подъему, подъем и установку в рабочее положение, выверку, закрепление и замоноличивание стыков и узлов. Сборные детали, элементы конструкций и узлы изготавливают на заводах железобетонных изделий (ЖБИ), домостроительных комбинатах (ДСК), заводах санитарных и электромонтажных заготовок. Все эти изделия,

к которым прилагаются комплектные ведомости с указанием наименования, марки и количества деталей, части здания, а иногда и бригады, для которых они предназначены, перевозят к месту монтажа на специальных автомобилях, оборудованных прицепами или контейнерами.

Значительное место в строительстве занимают *деревянообделочные работы*. *Плотничные работы* — это обработка древесины с соединением деревянных элементов на врубках, шпонках и гвоздях. К ним относятся устройство полов и потолков, заготовка и установка опалубки, стропил, стропильных и мостовых ферм и т. д. *Столярные работы* предполагают более чистую обработку древесины, причем деревянные элементы соединяют преимущественно на клею. Эти работы включают в себя изготовление и установку оконных переплетов, дверей, перегородок, производство мебели и т. д. К *деревянообделочным* можно также отнести и *паркетные работы*. В современном строительстве обработка древесины и изготовление деталей ведется на *деревянообделочных заводах (ДОЗ)* или в крупных мастерских, оснащенных станками для распиловки, сушки, строгания, сверления и т. д. Непосредственно на стройке проводят лишь мелкие подгоночные операции.

Одна из заключительных стадий возведения зданий и сооружений — это *кровельные работы*. Кровли должны быть водонепроницаемыми, морозостойкими, огнестойкими и долговечными. Их выполняют в основном из асбоцементных листов и мягких рулонных материалов, реже — из черепицы, деревянных планок, сланцевых плиток и др. При монтаже асбоцементной кровли волнистые листы крепят к деревянной обрешетке гвоздями или шурупами. Рулонные кровли из рубероида, толя или пергамента настилают по сплошному деревянному настилу или же бетонному, цементному, асфальтовому основанию. Сейчас на строительстве все шире применяют безрулонные кровли, состоящие из двух-, трехслойной заливки асфальтовой мастики с добавлением в нее цемента.

*Отделочные работы* представляют собой целый комплекс операций на заключительной стадии строительства. К ним относятся *штукатурные работы*, служащие для архитектурно-художественного оформления отделяемой поверхности и предохранения наружных стен от атмосферных влияний. Для оштукатуривания применяют известковые, известково-гипсовые, известково-цементные и цементные растворы. В процессе *облицовочных работ* поверхность стен, полов и других элементов здания покрывают штучными изделиями в виде плит разных размеров. Для облицовки могут применяться керамические, асбоцементные, эмалированные и другие плитки, которые крепят к поверхности цементными растворами, казеиновыми или битумными мастиками. К облицовочным работам можно отнести и покрытие полов рулонными или плиточными материалами.

Для внешнего оформления зданий и сооружений, предохранения их от вредного атмосферного влияния, содержания их поверхно-



сти в хорошем санитарном состоянии, а иногда и для придания деревянным конструкциям необходимой огнестойкости применяется их окраска. В малярных работах чаще всего используют мел, известь, белила, мумию, сурик, охру, медянки. Красящие составы бывают клеевые (краска разводится в водном клеевом растворе) и масляные (краска разводится на растительном вареном масле — натуральной или искусственной олифе). Для повышения производительности труда в малярных работах используют ручные и электрические краскопульты, бескомпрессорные и воздушные распылители, пистолеты-распылители и т. д.

Сравнительно широко применяется оклейка стен обоями. Перед оклейкой оштукатуренные поверхности заглаживают, а деревянные обивают смоченными в воде листами картона, фанерой или сухой штукатуркой. Затем наносят слой клейстера, наклеивают газетную макулатуру и после этого — обои. Широко применяют тисненые обои (линкруст), которые по сравнению с бумажными имеют лучший внешний вид и более удобны в эксплуатации.

К отделочным работам можно отнести и остекление зданий. Сюда входят нарезка стекла, приготовление замазки, вставка, заделка и протирка стекол. Как правило, вначале остекляются наружные оконные переплеты и фонари, а затем — внутренние проемы.

1. Почему электромонтажнику необходимо знать основные сведения, относящиеся к общестроительным работам? 2. Перечислите основные элементы здания и назовите их назначение. 3. Для чего составляют проект производства работ (ППР) и проект организации строительства (ПОС) и чем они отличаются друг от друга?

## Глава 3. УСТРОЙСТВО И ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### 3.1. Четырехпроводные системы трехфазного тока

Трехфазным током называют систему трех переменных токов, сдвинутых по фазе на  $120^\circ$ . Для того чтобы энергоприемники могли работать в трехфазной системе, их соединяют между собой в звезду или в треугольник.

В трехфазной сети (рис. 3.1) приемники с сопротивлениями  $z_1$ ,  $z_2$  и  $z_3$  соединены в звезду. Из электротехники известно, что если токи в трехфазной системе равны по величине, то их сумма в любой момент времени равна нулю. Поэтому, если данные приемники потребляют одинаковые по величине токи  $I_A = I_B = I_C$  (для этого мощности приемников должны быть равны), для их нормального снабжения электроэнергией достаточно трех проводов. Если же приемники имеют неодинаковую мощность и сумма их токов не равна нулю, для нормальной работы схемы нужен еще один провод, по которому от нулевой точки  $O$  сумма токов отводится обратно к источнику. В обычных силовых и осветительных электроустанов-

ках нулевая точка надежно соединяется с землей. Такая трехфазная система называется системой с глухозаземленной нейтралью.

Провода  $A$ ,  $B$  и  $C$ , по которым токи нагрузки подводятся к приемникам, называются линейными проводами или просто фазами, а провод  $N$ , присоединенный к нулевой точке  $O$ , — нулевым. Напряжения между линейными проводами  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$  и  $U_{AC}$  называются линейными, а между линейными и нулевым проводами  $U_A$ ,  $U_B$  и  $U_C$  — фазными. Линейное напряжение больше фазного в  $\sqrt{3}$  раза. Так, если фазное напряжение составляет 220 В, то линейное напряжение будет равно  $220 \cdot \sqrt{3} = 380$  В. В СССР основной стандартной системой напряжений для питания осветительных и силовых потребителей является трехфазное напряжение 380/220 В. В некоторых районах страны сохранилась система трехфазного напряжения 220/127 В. Недостатком ее является большая сила тока в сетях, что приводит к увеличению сечения жил проводов и кабелей. Для экономии проводникового материала введена в стандарт и применяется система трехфазного напряжения 660/380 В.

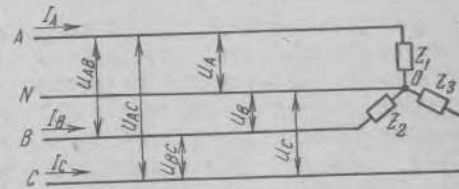


Рис. 3.1. Схема трехфазной сети

В системе электроснабжения с изолированной нейтралью нулевая точка приемников электроэнергии изолирована от земли и не имеет электрического соединения с нулевой точкой источника тока. Системы с изолированной нейтралью используются в случаях соединения электроприемников в треугольник (обычно в установках напряжением выше 1000 В).

### 3.2. Освещение и нормы освещенности

Электрическое освещение — широко распространенный вид применения электроэнергии. Рациональное освещение способствует повышению производительности труда, улучшению качества продукции и безопасности работы обслуживающего персонала предприятий.

Видимое излучение вызывает определенное световое ощущение, которое испытывает глаз человека. Мерой мощности такого излучения в светотехнике служит световой поток  $\Phi$ . За его единицу принимается люмен (лм).

Основной исходной величиной для расчетов электрического освещения является освещенность  $E$  — отношение светового потока  $\Phi$  к площади  $S$ , на которую он равномерно падает:

$$E = \frac{\Phi}{S}, \text{ лм/м}^2.$$

Отношение лм/м<sup>2</sup> получило в светотехнике название люкс (лк).

Важным показателем работы источника света служит световая отдача — отношение светового потока  $\Phi$  к электрической мощности источника  $P$ . Световая отдача измеряется в лм/Вт. Чем выше эта величина, тем экономичнее работает лампа.

Величина освещенности помещения зависит от точности выполняемой в нем работы, размера деталей, с которыми приходится иметь дело работающему, окраски стен помещения и рабочего места, конструкции лампы, системы освещения и т. д.

В практике возникает необходимость определить количество и мощность ламп для освещения какого-либо помещения упрощенным способом. В этом случае производят расчет мощности, расходуемой на освещение: выбирают тип светильника для данного помещения; намечают количество и расположение светильников; определяют мощность каждого светильника по формуле

$$P = \frac{p \cdot S}{n},$$

где  $P$  — мощность светильника, Вт;  $n$  — число светильников;  $S$  — площадь помещения, м<sup>2</sup>;  $p$  — удельная мощность на освещение, Вт/м<sup>2</sup>. Величина удельной мощности зависит от характера помещения. Некоторые значения удельной мощности на освещение приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Помещения	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>	Средняя мощность одной лампы, Вт
Жилые	16	100
Конторские	16	100
Торговые предприятия	21	100
Учебные классы и аудитории	30	150
Детские дошкольные учреждения	24	150
Библиотеки	17	100
Производственные общего назначения	11...13	150

### 3.3. Системы освещения и уровни напряжения

Различают следующие системы освещения — общее, местное и комбинированное.

Общее освещение служит для создания одинаковой или локализованной освещенности в каком-либо помещении или его части. Местное предназначено для освещения только рабочих поверхностей. Оно может быть как стационарным, так и переносным. Комбинированное освещение (сочетание общего и местного) применяется при высокой точности работ, малой площади рабочих мест и редком расположении последних.

По видам освещение делится на рабочее и аварийное. Рабочее освещение служит для создания необходимых условий видения. Разновидностью его является охранное освещение для обеспечения условий видения вдоль границ охраняемой территории. Аварийное освещение предусматривается в помещениях, где отсутствие света может послужить причиной несчастного случая (взрыва, пожара и т. д.). Оно должно создавать освещенность, составляющую не менее 10% от уровня общего освещения лампами накаливания. Аварийное освещение можно использовать как дежурное или охранное в нерабочее время.

Аварийное освещение для продолжения работы необходимо в случаях, когда внезапное прекращение работы основного освещения может вызвать взрыв, пожар, длительное расстройство технологического процесса, нарушение работы важных объектов (электростанции, радиостанции, насосные установки водоснабжения и т. п.). В обязательном порядке его монтируют в медицинских операционных блоках, кабинетах неотложной помощи и в приемных покоях медицинских учреждений.

Аварийное освещение для эвакуации людей монтируется там, где при прекращении работы основного освещения технологическое оборудование продолжает работать, создавая опасность при выходе людей из помещения. Его устанавливают также в производственных или общественных зданиях, где одновременно могут находиться более 50 человек, в культурно-зрелищных помещениях (театры, клубы и пр.), вмещающих более 100 зрителей, в детских садах и яслях.

Осветительные сети могут работать на различных напряжениях с учетом ограничений, связанных с требованиями правил техники безопасности.

В помещениях без повышенной опасности для питания светильников независимо от высоты установки может применяться напряжение не выше 220 В. В помещениях с повышенной или особой опасностью напряжение 220 В разрешается применять при высоте установки светильников не менее 2,5 м над полом или при любой высоте установки, если конструкция светильника исключает прикосновение к лампе и токопроводящим частям. Во всех остальных случаях следует применять напряжение не выше 42 В. При наличии особо неблагоприятных условий (теснота, неудобное положение рабочего, соприкосновение с большими хорошо заземленными металлическими массами) для питания ручных переносных светильников применяют напряжение не выше 12 В.

Большое значение для нормальной работы осветительных приборов, особенно ламп накаливания, имеет постоянный уровень напряжения в сети освещения, поэтому расчет и устройство осветительных сетей проводят таким образом, чтобы снижение напряжения у наиболее удаленных ламп не превышало 2,5% в промышленных и общественных зданиях, 5% — в жилых зданиях и 10% — в сетях напряжением 12...36 В. Повышение напряжения сверх номинального должно составлять не более 5%.

### 3.4. Лампы накаливания

Лампы накаливания представляют собой источники света, работающие по принципу температурного излучения. В качестве нити накала используется одинарная или двойная спираль из вольфрама, нагреваемая электрическим током до температуры 2600...3000 °С. Изготавливают вакуумные (мощностью до 40 Вт) и газонаполненные (свыше 40 Вт) лампы. Для наполнения баллона лампы используется смесь аргона с азотом или криптон.

В маркировку лампы входят буквы, обозначающие ее конструкцию (НВ — накаливания вакуумная, НГ — накаливания газонаполненная, НБ — накаливания биспиральная газонаполненная, НБК — накаливания биспиральная криптоновая), и цифры, указывающие напряжение и мощность лампы. Например, НБК220-100 — лампа накаливания биспиральная криптоновая напряжением 220 В и мощностью 100 Вт.

Выпускаются нормальные лампы с цоколями, имеющими резьбу диаметром 14,27 и 40 мм.

К специальным лампам относятся зеркальные (ЗН), железнодорожные (Ж), трамвайные (Т), самолетные (СМ), светофорные (ЖС), местного освещения (МО) и др.

В табл. 3.2 приведены технические характеристики наиболее распространенных ламп накаливания с прозрачной колбой.

Таблица 3.2

Лампа	Световой поток, лм	Цоколь
НВ220-15	105	Р27-2
НВ220-40	370	Р27-2
НБ220-75	840	Р27-2
НБ220-100	1240	Р27-2
НГ220-150	1900	Р27-2
НГ220-300	4350	Р40-1
НГ220-1000	18200	Р40-2
НБК20-100	1400	Р27-2

В последние годы промышленность начала выпуск мощных ламп накаливания с ксеноновым или галогенным заполнением баллона. Ксеноновые лампы типа ДКСТ применяют для освещения открытых пространств, где нужно создать большую освещенность, или когда освещаемый объект находится далеко от лампы. Их часто устанавливают на высоких мачтах, на территориях карьеров, портов, железнодорожных станций, открытых складов и т. д. Галогенные лампы накаливания серии КИ имеют трубчатую форму и отличаются большим световым потоком и увеличенным сроком службы при небольших размерах.

Лампы накаливания просты по устройству, дешевы, имеют высокую надежность, способны работать в различных условиях, не требуют для включения специальных пусковых устройств (кроме

ксеноновых). К недостаткам таких ламп относится низкий коэффициент полезного действия (5...7%), а также значительное отличие спектра излучения раскаленной нити лампы от спектра дневного света.

### 3.5. Люминесцентные лампы

Световое излучение можно получить не только от раскаленной металлической нити, но и за счет явления люминесценции, когда под воздействием ультрафиолетовых лучей люминофора — вещества, способные преобразовывать поглощаемую ими энергию в свето-

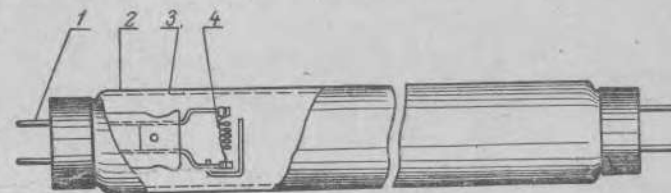


Рис. 3.2. Люминесцентная лампа

вое излучение, светятся. Это явление используют в работе люминесцентных ламп.

Люминесцентная лампа (рис. 3.2) представляет собой стеклянную трубку 2, покрытую изнутри люминофором 3; трубка заполнена парами ртути в смеси с аргоном и герметически запаяна. На ее концах имеются цоколи с контактными штырьками 1 для подключения лампы в цепь. К штырькам присоединены катоды 4 (нити подогрева). При работе лампы между катодами происходит электрический разряд, ионизирующий пары ртути. Процесс ионизации сопровождается ультрафиолетовым излучением, которое вызывает свечение люминофора.

Люминесцентные лампы отличаются от ламп накаливания различной цветностью излучения, которая зависит от химического состава люминофора. Наиболее распространены следующие серии люминесцентных ламп: ЛБ (белого света); ЛТБ (тепло-белого света); ЛХБ (холодно-белого света); ЛДЦ (для правильной цветопередачи); ЛД (дневного света).

Кроме буквенного обозначения, марка люминесцентной лампы содержит цифры, указывающие ее мощность. Лампы-трубки выпускаются мощностью 15, 20, 30, 40, 65, 80 и 120 Вт.

Для освещения улиц, цехов промышленных предприятий и других объектов, не требующих высокого качества цветопередачи, применяются ртутные лампы высокого давления типа ДРЛ. Такая лампа (рис. 3.3) состоит из стеклянного баллона 1, снабженного резьбовым цоколем 2. В центре баллона укреплен ртутно-кварцевая горелка (трубка) 3, заполненная аргоном с добавкой капли ртути. Современные четырехэлектродные лампы имеют главные катоды 4 и дополнительные электроды 5, расположенные рядом с главными

катодами и подключенные к катоду противоположной полярности через добавочный угольный резистор 6. Дополнительные электроды облегчают зажигание лампы и делают ее работу более стабильной.

При подаче напряжения между близко расположенными главным катодом и дополнительным электродом обратной полярности на обоих концах горелки начинается ионизация газа. Когда степень ионизации достигает определенного значения, разряд переходит на промежутки между главными катодами, так как они включены в цепь тока без добавочных сопротивлений, и поэтому напряжение между ними выше.

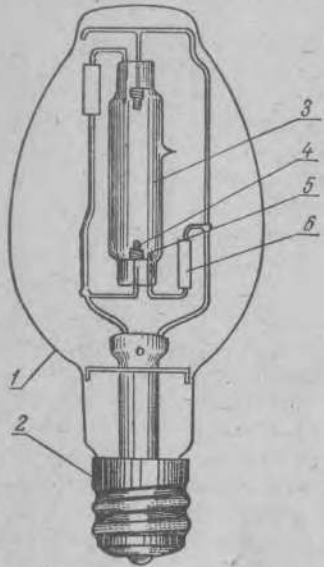


Рис. 3.3. Люминесцентная лампа типа ДРЛ

Электрический разряд в газе создает видимое голубовато-зеленое и невидимое ультрафиолетовое излучение, вызывающее красноватое свечение люминофора. Эти свечения суммируются, в результате получается приближающийся к дневному свет лампы. Лампы типа ДРЛ выпускают мощностью 80...1000 Вт.

По сравнению с лампами накаливания люминесцентные источники света имеют большие преимущества, главное из которых — их высокая экономичность. Например, лампа ЛБ мощностью 20 Вт создает световой поток 980 лм, в то время как лампа накаливания мощностью 60 Вт имеет световой поток 660 лм. Другие достоинства люминесцентных ламп — это благоприятный спектр излучения, невысокая тем-

пература нагрева и длительный срок службы (свыше 10 000 ч). Лампы ДРЛ эффективно применяются для освещения улиц, дорог, площадей с интенсивным движением, больших открытых пространств, требующих повышенной освещенности, а также в тех помещениях, где выполняется работа большой и средней точности или где отсутствует естественное освещение.

Вместе с тем следует отметить и недостатки люминесцентного освещения. К ним относятся: пониженный коэффициент мощности —  $\cos \phi$ , неустойчивая работа и ненадежное зажигание ламп при температурах ниже  $-5^\circ\text{C}$ ; необходимость пускорегулирующих аппаратов (ПРА) и сложность схем включения; инерционность (время зажигания — до 10 мин); пульсация светового потока, вызванная колебаниями переменного тока промышленной частоты, утомляющая зрение и приводящая к возникновению стробоскопического эффекта (при импульсном освещении вращающиеся и движущиеся детали механизмов могут казаться неподвижными, вращающимися медленно или в обратном направлении, что создает

опасные ситуации для работающих в цехах промышленных предприятий).

С целью увеличения эффективности люминесцентного освещения и уменьшения указанных недостатков применяют компенсирующие устройства (для повышения коэффициента мощности), лампы включают по специальным схемам (для уменьшения пульсации светового потока), используют особые светильники и схемы (для устойчивой работы ламп при низких температурах).

### 3.6. Светильники

Светильником называется устройство, состоящее из осветительной арматуры и источника света. Светильник служит для: направления светового потока лампы в нужную сторону; ограничения слепящего действия раскаленной нити лампы; защиты лампы от пыли, влаги и других внешних влияний; повышения безопасности работы с лампой; обеспечения эстетических требований к осветительному устройству. Технические характеристики и области применения наиболее распространенных светильников с лампами накаливания приведены в табл. 3.3.

Промышленность выпускает большое число разнообразных люминесцентных светильников, конструкция которых должна предусматривать место для скрытой установки ПРА.

Для производственных помещений с нормальными условиями окружающей среды применяются светильники типа ЛД (диффузионный светильник со сплошным отражателем), свет от которых рассеивается настолько, что освещаемая поверхность приобретает одинаковую во всех направлениях яркость. Наиболее распространенные типы светильников с люминесцентными лампами, их технические характеристики и области их применения приведены в табл. 3.4.

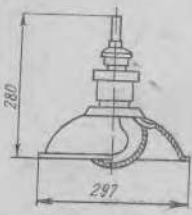
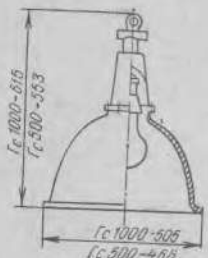
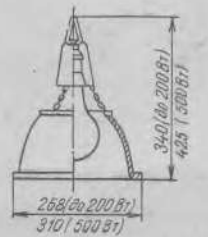
### 3.7. Патроны, выключатели, розетки

Резьбовые патроны для ламп накаливания изготавливаются из фарфора или пластмассы (токопроводящие части — из латуни или стали) с резьбовыми гильзами Ц-14, Ц-27 и Ц-40. По форме исполнения выпускают патроны для навинчивания на ниппель, с фланцем для крепления к стене или потолку и патроны для подвеса (рис. 3.4). Патроны для люминесцентных ламп имеют марки ЛВС (патроны стоечные), ЛВК и ЛОК (патроны круглые).

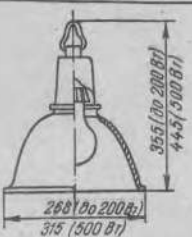
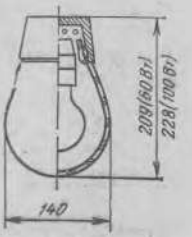

Штепсельные розетки предназначены для подключения переносных электроприемников к электрической сети. Промышленность выпускает розетки, рассчитанные на силу тока 6, 10, 15 и 25 А. В жилых домах применяют в основном розетки на 6 А с гнездами для цилиндрических контактов, а для присоединения стационарных электрических плит — силовые трехполюсные розетки на 25 А с заземляющим контактом.

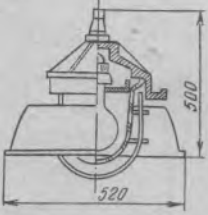
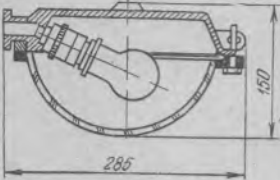
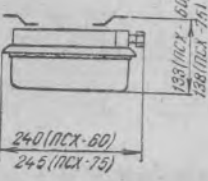
Штепсельные розетки для открытой установки имеют пластмас-



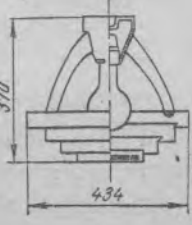
Таблица 3.3.

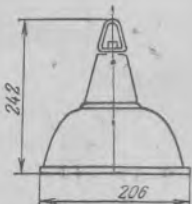

Наименование, краткая характеристика, тип	Чертеж светильника	Мощность ламп, Вт	Высота подвеса, м	Рекомендуемая область применения
Универсал прямого света (У — исполнение незащищенное открытое, Уз — исполнение незащищенное перекрытое с полуматовым затенителем)		100...500	до 7	Производственные помещения: сухие нормальные, влажные, сырые, жаркие. Кроме того, У — для помещений с небольшим количеством пыли, не пригорающей к колбе лампы; Уз — для пожароопасных помещений некоторых классов
Глубокоизлучатель прямого света (Гс — исполнение незащищенное открытое)		500, 1000, 1500	8 и более	Высокие производственные помещения: сухие нормальные, влажные, сырые, жаркие, а также с небольшим количеством непроводящей пыли, не пригорающей к колбе лампы
Светильник прямого света (С — исполнение незащищенное открытое)		до 200...500	4...6	Производственные помещения: сухие нормальные, влажные, сырые, жаркие, а также с небольшим количеством непроводящей пыли, не пригорающей к колбе лампы

Продолжение таблицы 3.3

Наименование, краткая характеристика, тип	Чертеж светильника	Мощность ламп, Вт	Высота подвеса, м	Рекомендуемая область применения
Светильник преимущественно прямого света (СО — исполнение незащищенное открытое)		до 200, 500 и 1000	4...6	То же
Светильник рассеянного света, исполнение брызгозащищенное (ПУН — потолочный; БУН — настенный)		до 60...100 до 60	до 3,5	Помещения сырые, особо сырые и жаркие
Светильник подвесной уплотненный с несимметричным светораспределением, со штепсельным разъемом и сборкой зажимов (УПС — исполнение частично пыленепроницаемое)		до 500, 1000	до 6...7	Помещения сырые, особо сырые, с химически активной средой и с небольшим количеством пыли (для освещения вертикальных и наклонных поверхностей)

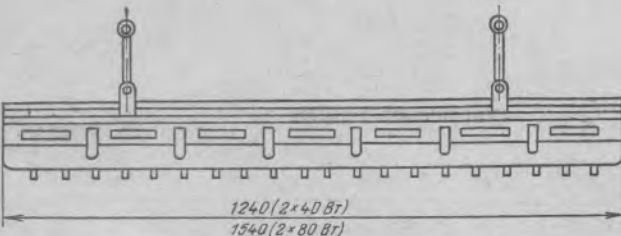
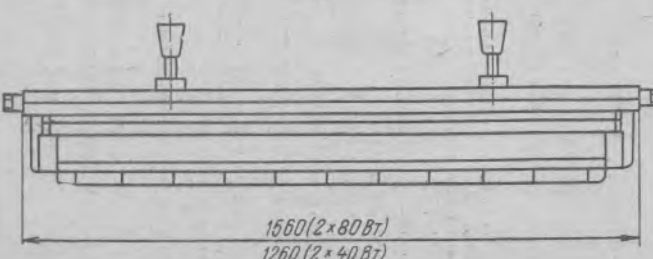
Наименование, краткая характеристика, тип	Чертеж светильника	Мощность ламп, Вт	Высота подвеса, м	Рекомендуемая область применения
Светильник прямого света с отражателем и сборкой зажимов (ППД — исполнение полностью пыленепроницаемое)		до 500	6...7	Помещения сырые, жаркие, пыльные и пожароопасные
Плафон одноламповый прямого света (ПГТ — исполнение полностью пыленепроницаемое)		до 100	до 3,5	Помещения сырые, особо сырые, жаркие, пыльные с химически активной средой, пожароопасные. Установка на высоте до 2,5 м при напряжении выше 42 В
Плафон сельскохозяйственный преимущественно прямого света (ПСХ — исполнение полностью пыленепроницаемое)		до 75	до 3,5	Помещения сырые, особо сырые, жаркие, пыльные, с химически активной средой, пожароопасные. Установка на высоте до 2,5 м при напряжении выше 42 В

Наименование, краткая характеристика, тип	Чертеж светильника	Мощность ламп, Вт	Высота подвеса, м	Рекомендуемая область применения
Люцетта преимущественно прямого света (Лц — исполнение незащищенное открытое)		до 200	до 4...5	Помещения административные, бытовые и производственные с нормальной средой
Шар рассеянного света молочного стекла (Шм — исполнение незащищенное перекрытое)		до 150	до 4...5	Помещения общественные и административные
Светильник отраженного света с экранирующими кольцами (СК — исполнение незащищенное открытое)		до 300	3,5...4	Административные, общественные, школьные и чистые производственные помещения с нормальной средой

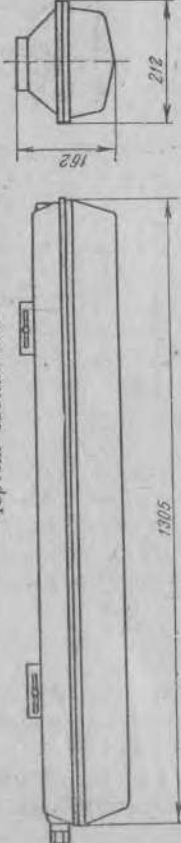
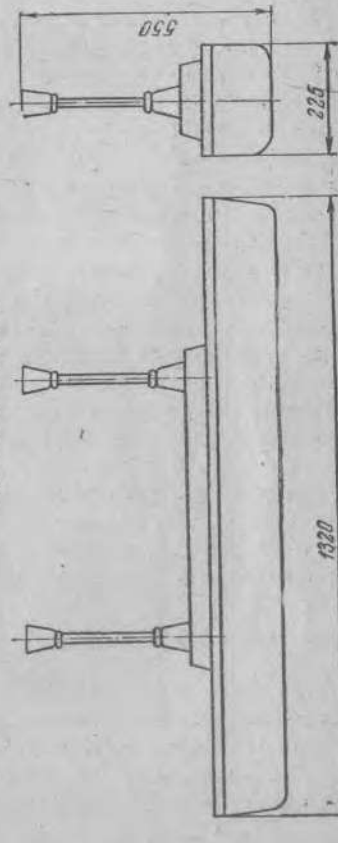
Наименование, краткая характеристика, тип	Чертеж светильника	Мощность ламп, Вт	Высота подвеса, м	Рекомендуемая область применения
Светильник местного освещения прямого света (СМО-100М — исполнение незащищенное открытое)		до 100	3,5...4	Местное освещение в производственных помещениях с нормальной средой
Светильник местного освещения прямого света на гибкой стойке (СГС-1 — исполнение незащищенное открытое)		до 60	—	Местное освещение на верстаках, станках и конвейерах в производственных помещениях с нормальной средой

32

Таблица 3.4

Наименование, краткая характеристика, тип	Чертеж светильника	Мощность ламп Вт	Высота подвеса, м	Рекомендуемая область применения
Диффузный серии ЛД, исполнение незащищенное открытое (ЛД — прямого света; ЛДР — прямого света с экранирующей решеткой; ЛДОР — преимущественно прямого света с экранирующей решеткой)		2x40, 2x80	до 8	Сухие нормальные и влажные производственные помещения (при стыковке в сплошную линию в корпусах светильников могут прокладываться провода групповой сети)
Подвесной рассеянного света (ПВЛ-1-2 x 40 — исполнение полностью пылезащитное)		2x40	4...6	Сырые, пыльные, с химически активной средой и пожароопасные производственные помещения

33

Наименование, краткая характеристика, тип	Мощность, Вт	Высота, подвес, м	Рекомендуемая область применения
<p>Подвесной или потолочный рассеянный светомостью пылезащитенное</p>  <p>Чертеж светильника</p>	2 × 40	4...6	Сырые, пыльные, с химической активной средой и пожароопасные производственные помещения
<p>Такой же частично пыленепроницаемого исполнения (ПВЛМ — с решеткой и без нее)</p>  <p>Чертеж светильника</p>	1 × 40, 2 × 40	3...4 для ламп 40 Вт; 4...6 для ламп 80 Вт	То же

совый корпус и предназначены для применения в помещениях с нормальной средой. Розетки для скрытой проводки имеют только наружную декоративную пластмассовую крышку, а контактная система размещается в коробке, установленной в стене. В сырых помещениях на стальных скобах монтируются брызгозащитные розетки, на корпусе которых имеется патрубок с резиновыми уплотнениями в месте ввода проводов. В помещениях, где проводка выполнена скрыто и большая ее часть располагается в междуэтажных перекрытиях, устанавливают надплинтусные штепсельные розетки открытого типа, имеющие удлиненный корпус для разветвления проводов и защитные устройства (шторки), которые закрывают штепсельные гнезда при вынутой вилке. Наличие шторок делает использование розетки безопасным, несмотря на то что она устанавливается почти на уровне пола. В последнее время широко применяются розетки для плоских контактов. Гнезда в таких розетках позволяют включать в них также и обычные вилки.

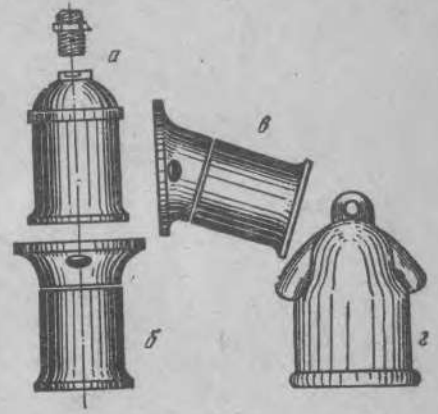


Рис. 3.4. Резьбовые патроны:  
а — настенный, б — потолочный, в — подвесной

Выключатель — аппарат для включения и отключения электрического оборудования и устройств. В зависимости от контактной системы выключатели делятся на кнопочные, рычажные, барабанные и клавишные. Наиболее удобны и долговечны клавишные выключатели с металлокерамическими контактами. В жилых квартирах часто используют выключатели, собранные в единый блок. Такие блоки изготовляют на два, три или четыре выключателя с одной штепсельной розеткой. Бывают блоки с двумя и тремя розетками. В целях экономии электроэнергии на лестничных площадках жилых домов освещение включается с помощью выключателей с термическим прерывателем.

Переключателем называют аппарат одновременного управления двумя или несколькими цепями. При повороте барабана переключателя один участок электрической цепи замыкается, а другой размыкается. Переключатели применяют для включения люстр, а также для управления коридорным освещением.

### 3.8. Провода и кабели

Провод — это кабельное изделие, состоящее из одной изолированной или одной или нескольких изолированных жил, поверх которых может быть оболочка или оплетка.

По материалу, из которого изготовлена токопроводящая жила, провода делятся на медные и алюминиевые. Медь — лучший, но



Таблица 3.5

Марка	Характеристика	Номинальное напряжение, В	Диапазон сечений, мм <sup>2</sup>	Материал токопроводящей жилы	Число жил
АПР	Провод с резиновой изоляцией в хлопчатобумажной оплетке, пропитанной противогнилостным составом	660	2,5...240	Алюминий	1
ПР	То же	660 и 3000	0,75...240	Медь	1
ПРГ	То же, но гибкий	660 и 3000	0,75...240	»	1
АПРВ	Провод в резиновой изоляции и поливинилхлоридной оболочке	660	0,75...6	Алюминий	1
ПРВ	То же	660	0,75...6	Медь	1
ПРГВ	То же, но гибкий	660	0,75...6	»	1
АПВ	Провод с поливинилхлоридной изоляцией	380 и 660	2,5...120	Алюминий	1
АПП	Провод с изоляцией из самозатухающего полиэтилена	380 и 660	2,5...120	»	1
ПП	То же	380 и 660	0,5...95	Медь	1
ПВ	Провод с поливинилхлоридной изоляцией	380 и 660	0,5...95	»	1
ПГВ	То же, но гибкий	380 и 660	0,5...95	»	1
АППВ	Провод с поливинилхлоридной изоляцией без оплетки, плоский, с разъединяющей перемычкой между двумя жилами	380 и 660	2,5...6	Алюминий	2 и 3
АПППС	То же, но с изоляцией из самозатухающего полиэтилена	380 и 660	2,5...6	»	2 и 3
ППП	То же	380 и 660	0,75...4	Медь	2 и 3
ППВ	То же, но с изоляцией из поливинилхлорида	380 и 660	0,75...4	»	2 и 3
АППВС	Провод с поливинилхлоридной изоляцией без оплетки, плоский, без разъединяющей перемычки между двумя жилами	380 и 660	2,5...6	Алюминий	2 и 3
АППП	То же, но с изоляцией из самозатухающего полиэтилена	380 и 660	2,5...6	Алюминий	2 и 3
ПППС	То же	380 и 660	0,75...4	Медь	2 и 3
ППВС	То же, но с поливинилхлоридной изоляцией	380 и 660	0,75...4	»	1 и 3
АПРФ	Провод с резиновой изоляцией в сплошной металлической фальцованной оболочке	660	2,5...4	Алюминий	1, 2 и 3
ПРФ	То же	660	1...4	Медь	1, 2 и 3
			2,5...4		2

Окончание таблицы 3,5

Марка	Характеристика	Номинальное напряжение, В	Диапазон сечений, мм <sup>2</sup>	Материал токопроводящей жилы	Число жил
ПРФ	Провод с резиновой изоляцией в сплошной металлической фальцованной оболочке	660	4...6	Медь	3
АРТ	Провод с резиновой изоляцией и несущим тросом	660	4...35	Алюминий	4
			2,5...4		2
			4...6		3
АВТ	То же, но с поливинилхлоридной изоляцией	380	4...35	Алюминий	4
			2,5 и 4		2, 3 и 4
			6...16		4
АВТС	То же, для проводов внутри сельскохозяйственных помещений в том числе животноводческих	380	2,5 и 4	»	2, 3 и 4
			6...16		4
ПРП	Провод с резиновой изоляцией в панцирной оболочке из проволоки	660	1...95	Медь	1, 2 и 3
			4...10		4; 6; 7; 8 и 10
			1...2,5		4; 5; 6; 7; 8; 10; 14; 19; 24 и 30

Таблица 3.6

Марка провода	Характеристика помещений							
	сухие	влажные	сырые и особо сырые	жаркие	пыльные	с химически активной средой	пожароопасные	наружные установки
АПР ПР ПРГ	На роликах, клицах, изоляторах, неметаллических трубах, коробах и лотках, в каналах строительных конструкций	На роликах, изоляторах, в стеклянных и пластмассовых трубах, в каналах строительных конструкций	На роликах (в сырых помещениях). На изоляторах и в пластмассовых трубах	На изоляторах	На изоляторах, в стеклянных и пластмассовых трубах с уплотнением		Открыто на изоляторах	
АПР ПРВ ПРГВ	То же и в стальных трубах	То же и в стальных трубах	То же и в водопроводных трубах	То же и в стальных трубах	В водопроводных трубах		То же и в стальных трубах	То же и в водопроводных трубах
АПВ ПВ ПГВ	На роликах, клицах, изоляторах, в каналах строительных конструкций и в стальных трубах		На изоляторах и в стальных трубах		То же		То же и на изоляторах	

Окончание таблицы 3.6

Марка провода	Характеристика помещений							
	сухие	влажные	сырые и особо сырые	жаркие	пыльные	с химически активной средой	пожароопасные	наружные установки
АППП АППВ ППВ ППГВ ППП	Открытая		—	Открытая		—	—	—
АППВС ППВС АПППС ПППС АППР	Скрытая под штукатуркой, в трубах и пустотных каналах несгораемых строительных конструкций		—	Скрытая под штукатуркой		—	Скрытая под штукатуркой, непосредственно по деревянным основаниям или под плинтусами	—
АПРФ ПРФ	Открытая с креплением скобами	—	—	Открытая с креплением скобами		—	Открытая с креплением скобами	—
ПРП	То же	—	—	То же		—	—	—

Примечание: провода марок АРТ и АВТ применяются в осветительных и силовых установках.

Таблица 3.7

Марка кабеля	Материал токопроводящей жилы	Краткая техническая характеристика кабеля	Номинальное напряжение, В	Диапазон сечений, мм <sup>2</sup>	Число жил
СРГ	Медь	Кабель с резиновой изоляцией в свинцовой оболочке, неизолированный (без джута)	660	1...240	1
ВРГ АВРГ	Алюминий	То же, но в поливинилхлоридной оболочке	660	1...185	2 и 3
		То же	3000	1,5...500	1
НРГ АНРГ	Медь	То же, но в нейритовой оболочке	660	1...240	1, 2 и 3
			660	4...240	1
АВВВ	Алюминий	Кабель с поливинилхлоридной изоляцией в поливинилхлоридной оболочке	660	4...185	2 и 3
			660	4...300	1 и 2
ВВВ	Медь	То же	660	2,5...50	3
			660	2,5...120	2
АПВГ МПВГ	Алюминий	Кабель с полиэтиленовой изоляцией: в поливинилхлоридной оболочке, плоский неизолированный	660	2,5...50	3 и 4
			660	2,5...120	2
	Медь	То же	660	2,5...10	3 и 4
			660	1,5...10	3 и 4

плавкая вставка имеет особую форму с вырезами или отверстиями (рис. 3.7), которые способствуют мгновенному перегоранию вставки в самых узких местах. Кроме того, на медные плавкие вставки наносятся капли олова, ускоряющие расплавление меди в местах, на которые нанесены эти капли.

В предохранителях, рассчитанных на значительные токи, для быстрого гашения электрической дуги, возникающей при перегорании плавкой вставки, в качестве дугогасительного материала применяется мелкозернистый кварцевый песок, или фибровый патрон, внутренние стенки которого при нагревании от дуги выделяют газы, ускоряющие ее гашение.

Рассмотрим устройство трубчатого предохранителя марки ПН2 (предохранитель насыпной разборный) на рис. 3.8. К фарфоровому патрону 3 с помощью винтов крепятся крышки 2 с контактными ножами 1. Внутри патрона между ножами установлена плавкая вставка 4, рассчитанная на определенную силу тока. В качестве дугогасительной среды используется кварцевый песок 5, плотно заполняющий патрон. В рабочем положении предохранитель установлен в двух контактных стойках, губки которых снабжены стальными пружинами, обеспечивающими надежный контакт.

Кроме ПН2, к трубчатым предохранителям относятся марки ПР2 (разборный с фибровым патроном), НПН (насыпной неразборный) и ряд других. Наиболее современным является предохранитель типа ПП17-3900. Он имеет указатель срабатывания и специальный контакт для сигнализации о расплавлении плавкой вставки, размеры его меньше, а отключающая способность в несколько раз выше по сравнению с предохранителем ПН2.

В осветительных электроустановках, кроме трубчатых, применяются также пробочные предохранители, рассчитанные, как правило, на небольшие токи.

Достоинства плавких предохранителей — простота конструкции, невысокая стоимость, быстрота и надежность отключения (при условии, что плавкая вставка выбрана правильно). Главный недостаток этих предохранителей в том, что после одного срабатывания их необходимо заменять.

Плавкие предохранители используют также в качестве отключающего аппарата. Обычно для отключения и защиты электрической цепи устанавливают рубильник и предохранитель. В блоке «предохранитель — выключатель» обе эти функции выполняют предохранители со специальным приводом.

В трехполюсном блоке «предохранитель — выключатель» серии БПВ (рис. 3.9) на плите 1 установлены изоляторы 2 с контакт-

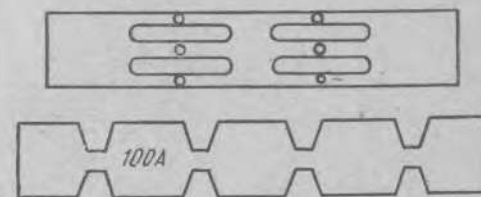


Рис. 3.7. Плавкие вставки

ными стойками 3. Три предохранителя 4 типа ПН2 закреплены в рычажном приводе таким образом, что при повороте рукоятки 5 им сообщается прямолинейное движение. В верхнем положении рукоятки ножи предохранителей входят в губки контактных стоек и цепь блока замыкается. При переводе рукоятки в нижнее положение предохранители выходят из контактных стоек, размыкая цепь.

Установка блока имеет большие преимущества по сравнению с раздельной установкой рубильника и предохранителей. Она повы-

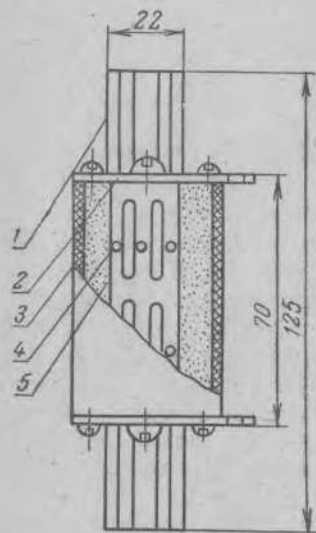


Рис. 3.8. Предохранитель ПН2

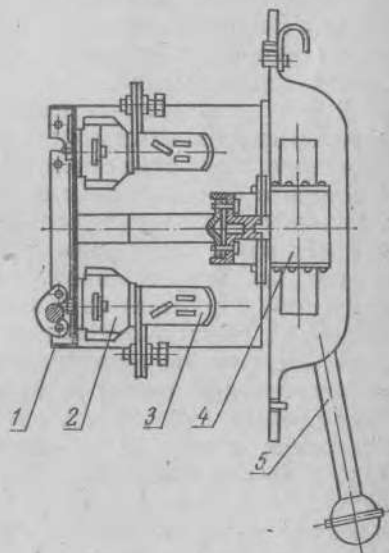


Рис. 3.9. Блок БПВ

шает надежность работы аппарата, способствует выполнению требований правил техники безопасности, в частности не позволяет открыть дверцы блока в случае, если блок включен и находится под напряжением; не дает возможности включить блок под напряжение, если дверцы его не закрыты на защелку; в отличие от рубильника, где при отключении цепь размыкается в одном месте (между губкой и ножом), в блоке БПВ цепь разрывается в двух местах, что увеличивает надежность работы аппарата.

### 3.10. Автоматы

Автоматические выключатели, или автоматы, предназначены для автоматического отключения электрических цепей или отдельных приемников при перегрузках и коротких замыканиях. Автоматы выгодно отличаются от предохранителей тем, что они не имеют плавких вставок или других деталей, требующих замены после срабатывания.

В качестве примера рассмотрим устройство и работу однополюсного установочного автомата марки АБ25, рассчитанного на номинальный ток 15 А (рис. 3.10). В пластмассовом корпусе 1 неподвижно закреплена металлическая скоба 2 с контактом и винтовым зажимом для подключения провода. Подвижный контакт 4 смонтирован на латунном рычаге 5, который в центре отжимается пружиной 6, а концом упирается в биметаллическую пластинку 7. Эта пластинка приварена к выводу 9 с закрепленным на ней винтовым зажимом для подключения второго провода. Для создания надежного контакта биметаллическая пластинка и рычаг соединены гибким медным проводником 8. При включении автомата рукоятку 10 устанавливают в верхнее положение и ее выступ освобождает рычаг, который под действием пружины поворачивается и замыкает контакты.

Когда происходит короткое замыкание или перегрузка, автомат отключается следующим образом. Ток нагревает биметаллическую пластинку и она, отгибаясь книзу, высвобождает конец рычага, который под действием пружины поворачивается и размыкает контакты. Возникающая при этом между контактами искра гасится в дугогасительной камере 3. При автоматическом отключении АБ25 рукоятка остается в положении «включено», поэтому для повторного включения автомата необходимо сначала опустить ее в положение «отключено», а затем снова перевести в верхнее положение. В связи с такой конструкцией привода автомат снабжен указателем срабатывания 11 (пластмассовый стержень с пружинкой). При включенном автомате, а также при выключении ручную указатель утоплен в корпусе. При автоматическом отключении концом рычага он выталкивается из гнезда и становится хорошо заметным.

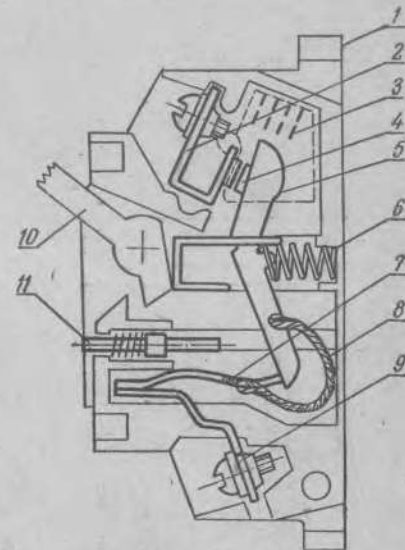


Рис. 3.10. Автомат АБ25

### 3.11. Схемы включения ламп накаливания

При монтаже осветительного устройства из соображений техники безопасности следует помнить, что нулевой провод должен подключаться к резьбовому цоколю патрона; выключатель должен быть включен в фазный провод. Если эти правила выполнены, случайное прикосновение к цоколю патрона (например, при замене

лампы) не вызовет несчастного случая даже при включенном выключателе, так как нулевой провод заземлен.

В схеме включения лампы накаливания (рис. 3.11, а) нулевой провод  $N$  подключен к лампе  $З$ , а фазный провод  $\Phi$  — к выключателю  $I$ . Лампа соединена с выключателем холостым проводом  $2$ . Для одновременного включения нескольких ламп одним выключателем лампы соединяют между собой параллельно. На штепсель-

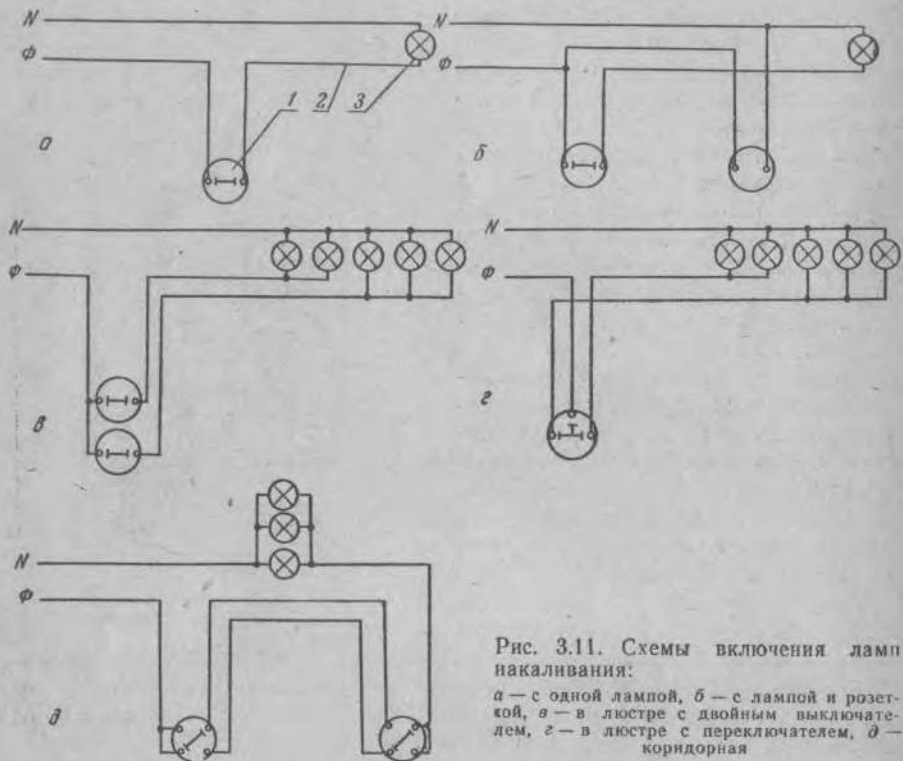


Рис. 3.11. Схемы включения ламп накаливания:  
а — с одной лампой, б — с лампой и розеткой, в — в люстре с двойным выключателем, г — в люстре с переключателем, д — коридорная

ные розетки всегда подается фазное напряжение, то есть они должны быть подключены к фазному и нулевому проводу (рис. 3.11, б).

Для того чтобы включить 2, 3 или 5 ламп, в схеме управления люстрой (рис. 3.11, а) используются два обычных выключателя или один двухклавишный. Работой люстры можно управлять и с помощью люстрового переключателя (рис. 3.11, г). На схеме переключатель изображен в положении, при котором горят все лампы. Если повернуть его по часовой стрелке, будут гореть 2 лампы, против часовой — 3 лампы.

Для освещения протяженных помещений с несколькими входами (галерей, туннелей, длинных коридоров и т. п.) очень удобны схемы, позволяющие включать и выключать освещение из нескольких мест. На рис. 3.11, д показана схема управления группой ламп

из двух мест с помощью барабанных переключателей. На рисунке они изображены в положении, при котором освещение выключено, при повороте любого переключателя на  $90^\circ$  лампы загорятся, а при последующем повороте любого из них на  $90^\circ$  гаснут.

### 3.12. Схемы включения люминесцентных ламп

Для зажигания люминесцентной лампы, кроме обычного выключателя, нужен стартер (зажигатель) и балластное устройство.

Стартер (рис. 3.12) представляет собой стеклянную колбу 1, заполненную инертным газом, в которой размещены биметаллические контакты 2. В холодном состоянии они разомкнуты, при нагреве изгибаются и замыкаются. Контакты стартера соединены с выводами, закрепленными в изоляционном основании. Колба защищена металлическим кожухом 3, под которым рядом с ней размещен бумажный конденсатор 4, подключенный параллельно контактам стартера. Стартеры подобной конструкции выпускаются на напряжение 220 В (15...80/СК-220) и 127 В (15...20/СК-127).

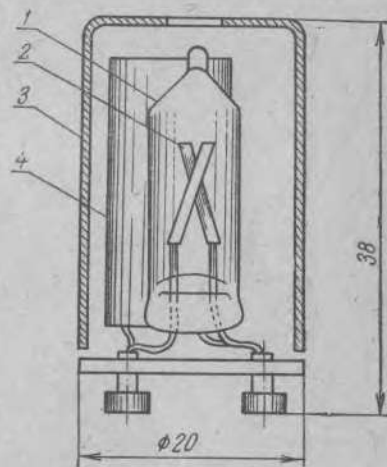


Рис. 3.12. Стартер

Для наружного люминесцентного освещения применяются тепловые стартеры типа ТР-80.

Балластное устройство (рис. 3.13) в простейшем случае представляет собой дроссель, состоящий из стального сердечника 3 и обмотки 2 из изолированного провода. Сердечник с обмоткой размещается в стальном кожухе 1, из которого выведены начало и конец обмотки.

Более сложные балластные устройства называются *пуско-регулирующими аппаратами* (ПРА). В зависимости от назначения светильников, наличия или отсутствия в схеме стартеров, количества и мощности ламп, пульсаций светового потока, компенсации реактивной мощности и т. д. изготавливаются ПРА различных типов и для различных схем включения. Обычно светильники поставляются заводами-изготовителями комплектно с ПРА и с выполненной схемой соединений.

Рассмотрим работу схемы включения люминесцентной лампы с ПРА типа ЛУБИ и стартером (рис. 3.14, а). В холодном состоянии биметаллические контакты стартера  $Ст$  разомкнуты. Когда на схему подается напряжение, газовый промежуток между ними ионизируется (свечение ионизированного газа хорошо видно в отверстии кожуха стартера). Ионизированный газ является проводником, поэтому в цепи потечет ток с фазы через левую обмотку

ПРА, левый катод лампы  $L$ , ионизированный газовый промежуток стартера, правый катод лампы и правую обмотку ПРА. Под действием тока катоды начнут предварительный подогрев газовой смеси в лампе, но количество тепла, выделяемое ими, незначительно, так как из-за большого сопротивления газового промежутка в стартере сила тока в цепи невелика. Но уже через доли секунды ионизированный газ нагревает биметаллические контакты и цепь стартера замыкается, его сопротивление значительно уменьшается, а

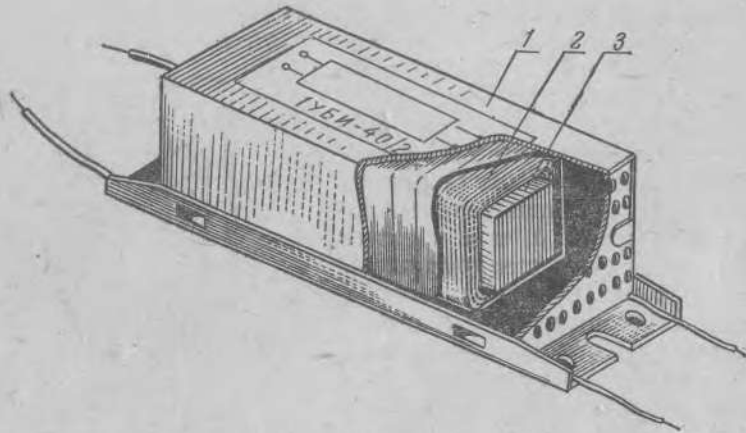


Рис. 3.13. Балластное устройство ГУБИ-40/220

ток в цепи возрастает, что приводит к ускорению подогрева газа в лампе.

С замыканием контактной системы стартера ионизация газа прекращается и стартер начинает остывать. Поэтому через десятые доли секунды биметаллические контакты вновь размыкаются, увеличивая сопротивление схемы. При этом ток в цепи резко падает, обмотки ПРА индуктируют э. д. с. самоиндукции величиной 600...800 В, которая подается на катоды лампы. Под действием высокой разности потенциалов в лампе происходит электрический пробой газа и между катодами возникает постоянный электрический разряд — лампа начинает работать. Рабочий ток цепи создает на обмотках ПРА падение напряжения, поэтому лампа работает под напряжением всего 100...110 В вместо 220 В. Как видно из схемы, такое же напряжение будет и между контактами стартера, однако его недостаточно для ионизации газа, поэтому после зажигания лампы участок цепи со стартером фактически перестает работать и стартер окончательно остывает. Конденсатор  $C$ , включенный параллельно схеме, предназначен для уменьшения радиопомех, возникающих при включении и отключении схемы.

Другие схемы включения люминесцентных ламп (рис. 3.14, б—е) содержат одну или две лампы, простые или сложные ПРА, могут работать со стартерами и без них, однако принцип включения

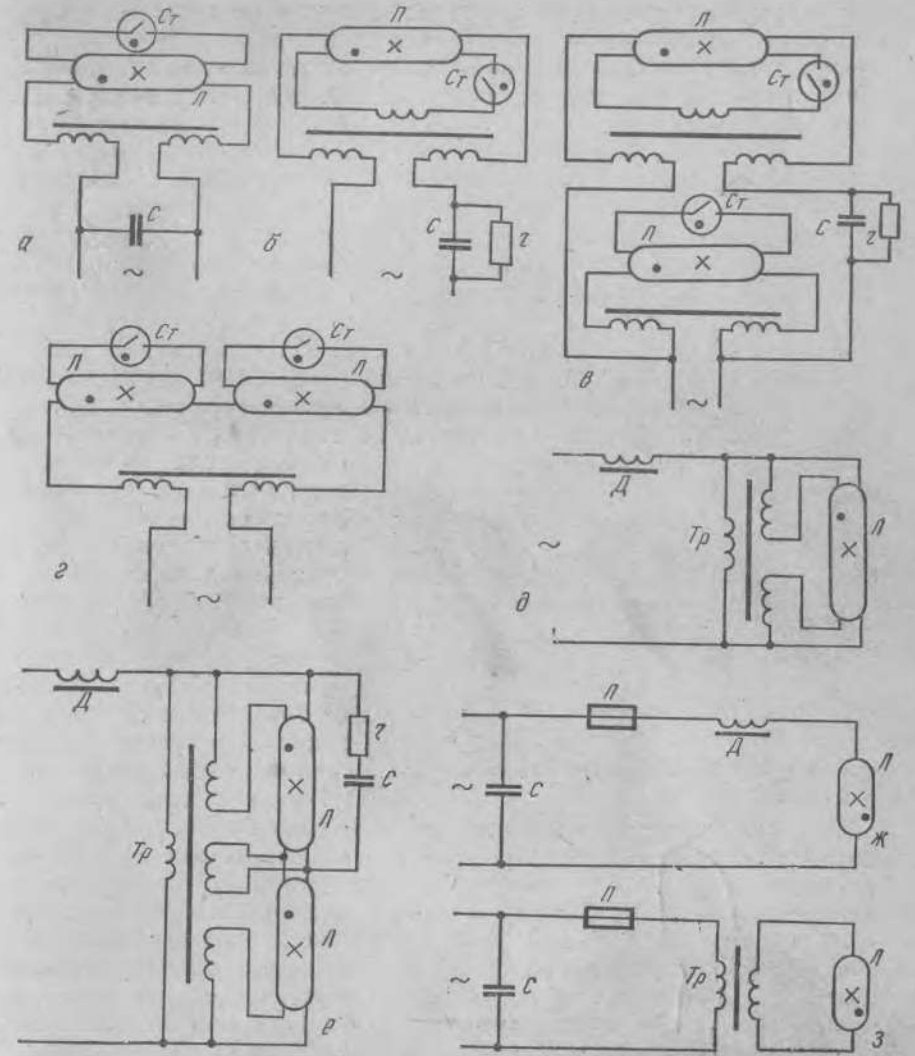


Рис. 3.14. Схемы включения люминесцентных ламп:

а — стартерная с одноламповым ПРА типа ГУБИ, б — стартерная с одноламповым ПРА типа ГУБЕ, в — стартерная с двухламповым ПРА типа ЗУБК, г — стартерная с двухламповым ПРА типа ЗУБИ, д — бесстартерная с накальным трансформатором, е — бесстартерная двухламповая с накальным трансформатором, ж — дроссельная для лампы ДРЛ (до  $-25^{\circ}\text{C}$ ), з — трансформаторная для лампы ДРЛ (ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ )

люминесцентной лампы во всех схемах в основном аналогичен описанному.

Теперь рассмотрим схемы включения ламп ДРЛ. Для уменьшения напряжения на лампе после ее зажигания с 220 до 115...145 В используются дроссель  $D$  (рис. 3.14, ж) или специальный трансформатор  $Tr$  (рис. 3.14, з). Схема включения ламп ДРЛ с дроссе-

лем применяется при температуре воздуха не ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ , с трансформатором — при более низких температурах. В обеих схемах конденсаторы *C* служат для снижения радиопомех, а предохранители *П* — для защиты цепи от больших токов при возможных коротких замыканиях.

### 3.13. Электрические счетчики

Электрические счетчики предназначены для учета израсходованной электроэнергии. Устройство и принцип их работы рассмотрим на примере однофазного счетчика типа СО-2М (рис. 3.15).

В пластмассовом корпусе расположен стальной сердечник *1*, снабженный обмоткой напряжения. Она выполнена из большого числа витков провода малого диаметра и включается в цепь параллельно. Токовая обмотка *4* намотана на сердечник *5* и состоит из малого числа витков провода большого диаметра. Эта обмотка включается в цепь последовательно и рассчитана на номинальный ток 5 А. Между сердечниками имеется воздушный зазор, в котором может свободно вращаться алюминиевый диск *3*, закрепленный на оси *2*. Для регулировки счетчика служит установленный на стальной скобе постоянный магнит *7*. Выводы обмоток подключаются к четырем клеммам *б* счетчика, которые закрываются крышкой и пломбируются.

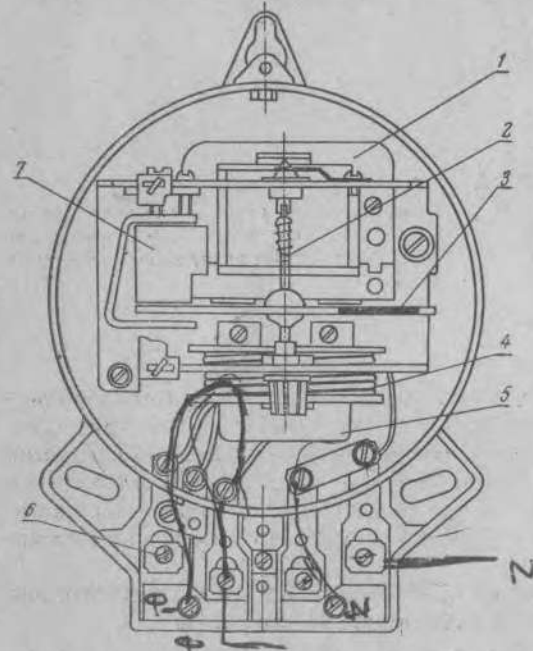


Рис. 3.15. Электрический счетчик

При включении счетчика по его обмоткам текут токи, создающие магнитный поток в воздушном зазоре. Этот поток пересекает алюминиевый диск и индуцирует в нем вихревые токи. Взаимодействие токов в диске с магнитным потоком в обмотках вызывает появление механической силы, приводящей диск во вращение. Диск связан зубчатой передачей со счетным механизмом счетчика, дающим показания в кВт·ч.

В схеме включения однофазного счетчика (рис. 3.16, а) фазный провод подключается к первой клемме Г (генераторный зажим), а

нулевой провод — к третьей клемме Г. Провода, отходящие к электроприемникам, подключаются ко второй и четвертой клеммам, обозначенным буквой Н (нагрузка).

Для измерения расхода электроэнергии в трехфазных электроустановках можно воспользоваться тремя однофазными счетчиками, включенными в каждую фазу по схеме, приведенной на рис. 3.16, б. При этом расход энергии определяется как сумма показаний

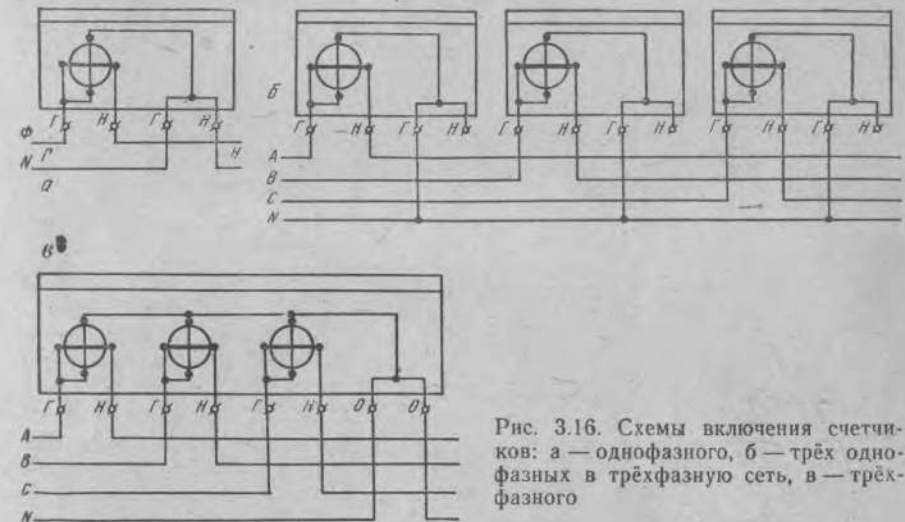


Рис. 3.16. Схемы включения счетчиков: а — однофазного, б — трёх однофазных в трёхфазную сеть, в — трёхфазного

ний трех счетчиков. Значительно удобнее, однако, пользоваться трехфазными счетчиками, которые представляют собой три однофазных счетчика, собранных в одном корпусе и имеющих общий счетный механизм. В схеме включения трехфазного трехэлементного счетчика типа СА4 (рис. 3.16, в) три фазы подаются на зажимы Г, трехфазная нагрузка подключается на зажимы Н, а на зажимы О подается нулевой провод.

Схемы включения всегда приводятся на обратной стороне крышки счетчика любого типа, закрывающей контакты.

### 3.14. Трансформатор тока

Токовая обмотка счетчика для установки в квартире рассчитана на номинальный ток 5 А, но в современных жилых домах имеются большие многоквартирные квартиры, которые потребляют значительно большую силу тока. В целом же по дому токовая нагрузка может достигать до нескольких сотен ампер. Ясно, что в цепь

с такими токами счетчики непосредственно включать нельзя. Для понижения переменного электрического тока большой силы до значения, удобного для измерения стандартными измерительными приборами, предназначен трансформатор тока, или измерительный трансформатор.

Трансформатор тока типа ТК-20 (рис. 3.17) имеет стальной сердечник 2 с обмотками. Первичная обмотка 3 с выводами  $L_1$  и

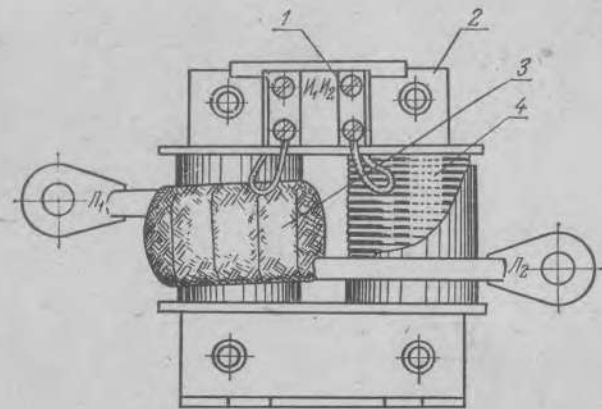


Рис. 3.17. Трансформатор тока ТК-20

$L_2$  выполнена из провода большого сечения, рассчитанного на ток, который необходим для нормальной работы электроустановки. Вторичная обмотка 4 и выводы  $I_1$  и  $I_2$  вторичной обмотки подключены к клеммнику 1. Она имеет такое количество витков, чтобы при номинальном токе первичной обмотки в ней индуктировался ток 5 А.

Трансформаторы тока выпускаются с разными коэффициентами трансформации: 10/5, 15/5, 20/5 А и применяются в зависимости от величины рабочего тока потребителя.

В схеме включения однофазного счетчика совместно с трансформатором тока (рис. 3.18, а) первичная обмотка трансформатора  $L_1 - L_2$  включена последовательно в линейный провод с большим током, а токовая обмотка счетчика подключена ко вторичной обмотке трансформатора тока (выводы  $I_1 - I_2$ ). Как и в обычной схеме, обмотка напряжения должна быть подключена к фазному и нулевому проводу. С этой целью на схеме между выводами  $L_1$  и  $I_1$  сделана перемычка, а третий зажим счетчика соединен с нулевым проводом.

Схемы включения трех однофазных, а также одного трехфазного счетчика совместно с трансформаторами тока приведены на рис. 3.18, б, в.

В случае, если счетчик работает с трансформатором тока, для определения действительного расхода электроэнергии необходимо расход, показанный счетчиком, умножить на коэффициент трансформации измерительного трансформатора.

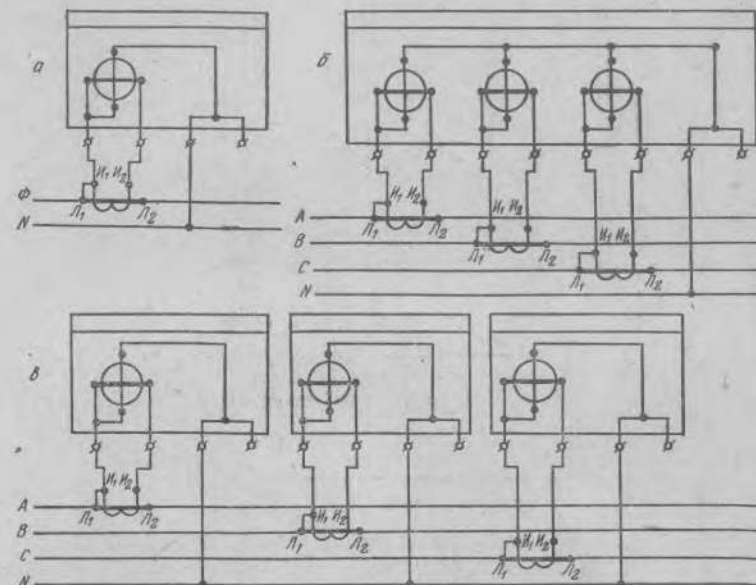


Рис. 3.18. Схемы включения счетчиков с трансформаторами тока: а — однофазного, б — трехфазного, в — трех однофазных в трехфазную сеть

### 3.15. Квартирные и групповые распределительные щитки

Квартирные щитки предназначены для установки счетчиков и защитной аппаратуры в квартирах. Они бывают двух исполнений: для утепленной установки в нише и для открытой установки на стене.

В качестве примера рассмотрим квартирный щиток ЩК-12 для открытой установки на стене (рис. 3.19). Он представляет собой металлическое основание, в которое вмонтированы предохранители, прикрытые крышкой. В нижней части щитка имеются четыре отверстия для ввода проводов. Предусмотрены также отверстия для крепления щитка и для установки на нем счетчика. Модификация этой серии — щиток ЩК-15п устанавливается в квартирах, оборудованных электроплитами.

Этажные или групповые распределительные щитки содержат только защитную аппаратуру вводов в квартиры и применяются



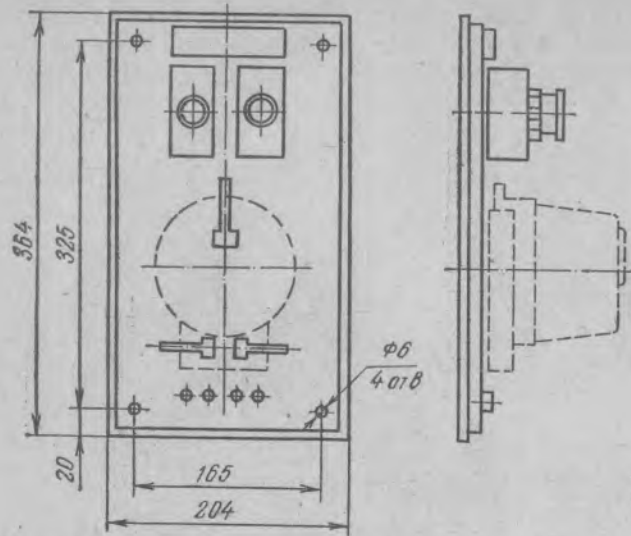


Рис. 3.19. Квартирный щиток ЩК-12

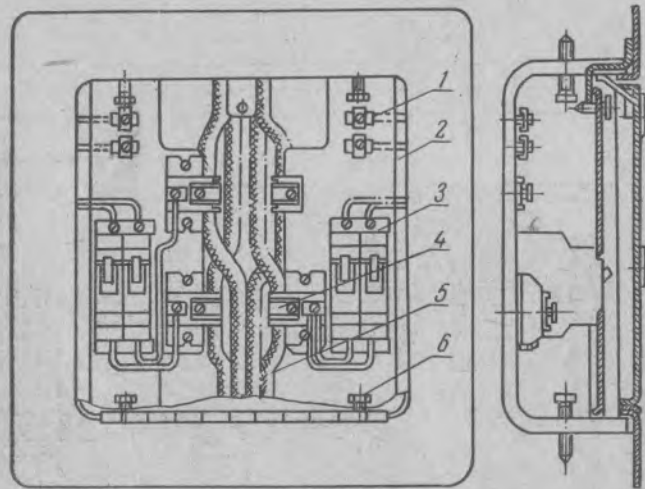


Рис. 3.20. Этажный щиток ЩЭ-4

в том случае, когда счетчики установлены в квартирах. Этажный щиток типа ЩЭ-4 для четырех квартир (рис. 3.20) имеет четыре автомата 3 типа АБ25, установленные на раме 2 справа и слева, ответвительные зажимы 4 для присоединения автоматов к проводам магистрали 5 (стояка) и зажимы 1 для подключения нулевых

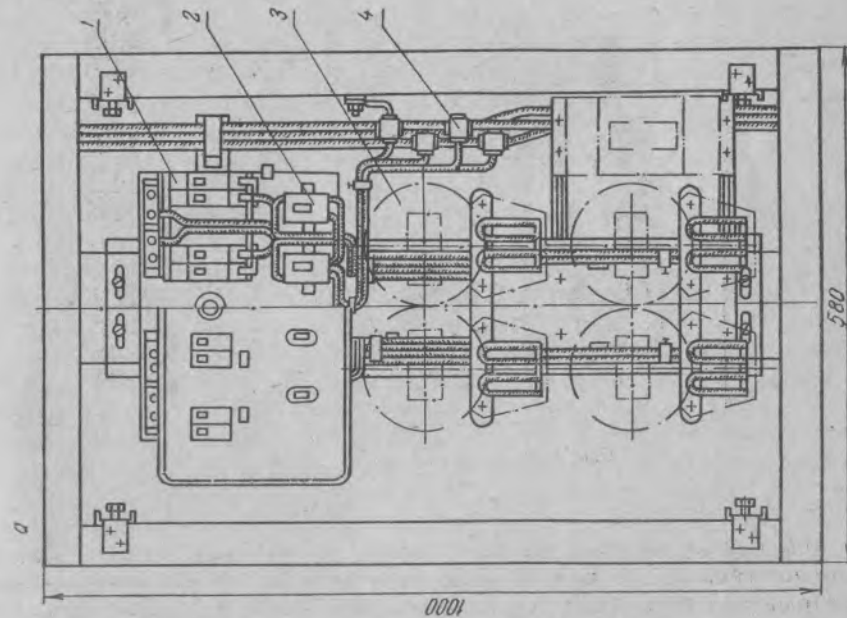
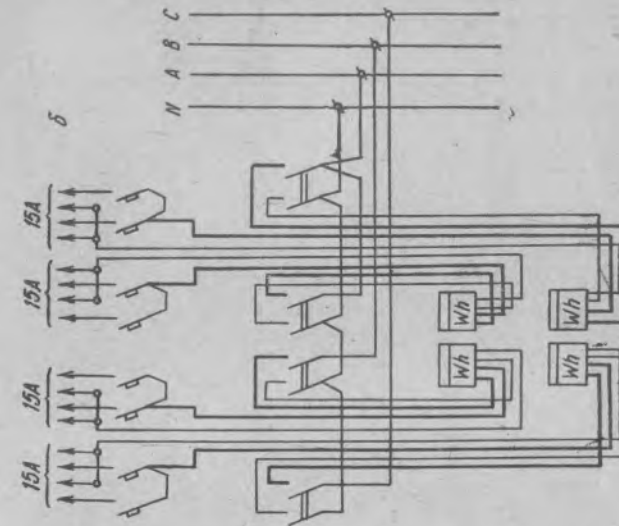


Рис. 3.21. Этажный щиток ЩЭ-4-1:  
а — устройство, б — электрическая схема

проводов вводов в квартиры к нулевому проводу магистрали. Щиток укрепляется в нише четырьмя болтами б. Дверца удерживается в закрытом положении защелкой.

На этажных щитках учетных сосредоточена вся защитная аппаратура и счетчики квартир, нагрузка которых питается от этих щитков. Щиток типа ЩУЭ-4-1 (рис. 3.21, а) разделен на две части. В верхней установлено восемь автоматов 1 (по два на квартиру)

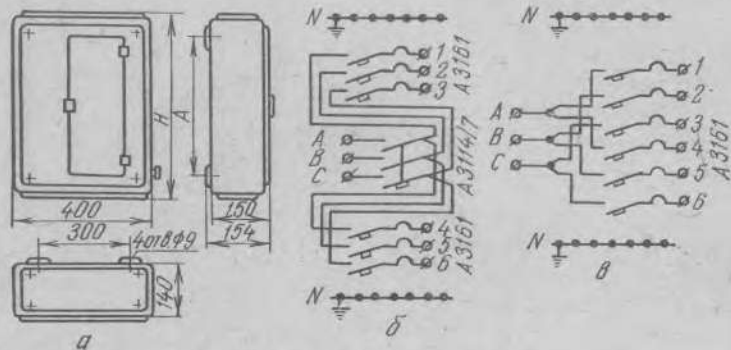


Рис. 3.22. Осветительный щиток ОЩ:  
а — общий вид, б, в — электрические схемы

и четыре двухполюсных выключателя 2 для отключения квартиры от магистрали в случае необходимости. В нижней части щитка установлены счетчики 3. Для подключения к магистрали щиток снабжен ответвительными зажимами 4. Передняя часть прибора имеет дверцы с окнами, закрытыми стеклом, за которыми видны показания счетчиков. Доступ к щитку для проверки и замены счетчиков или для ремонтных работ имеет только обслуживающий персонал, а доступ к автоматам и выключателям квартир имеют и жильцы. Как правило, этажные щитки учетные устанавливаются в многоквартирных жилых домах. Электрическая схема щитка ЩУЭ-4-1 приведена на рис. 3.21, б.

В системах освещения промышленных предприятий наиболее часто применяются щитки ОЩ (рис. 3.22), ОЩВ и УОЩВ с однополюсными автоматами на отходящих линиях. Щитки имеют защищенное исполнение и предназначены для установки в помещениях с нормальной средой. Ввод и вывод проводов осуществляется через верхнюю и нижнюю съемные крышки. Номинальный ток отключения одинаков для всех автоматов и на одном щитке может составлять 15, 20 или 25 А.

### 3.16. Вводные шкафы и ящики

Вводные распределительные устройства и вводные шкафы предназначены для приема и распределения электроэнергии и защиты отходящих линий в сетях трехфазного тока напряжением 220/380 В с глухозаземленной нейтралью.

В трех-, пятиэтажных жилых домах и общественных зданиях применяют вводные шкафы серии ШВ (рис. 3.23). Четырехжильный кабель 1 подведен к губкам блока «рубильник — предохранитель» типа РПВ-250. За блоком в каждой фазе установлены трансформаторы тока 2 с коэффициентом трансформации 200/5 А для подключения трехфазного счетчика СА4. Трехфазное напряжение

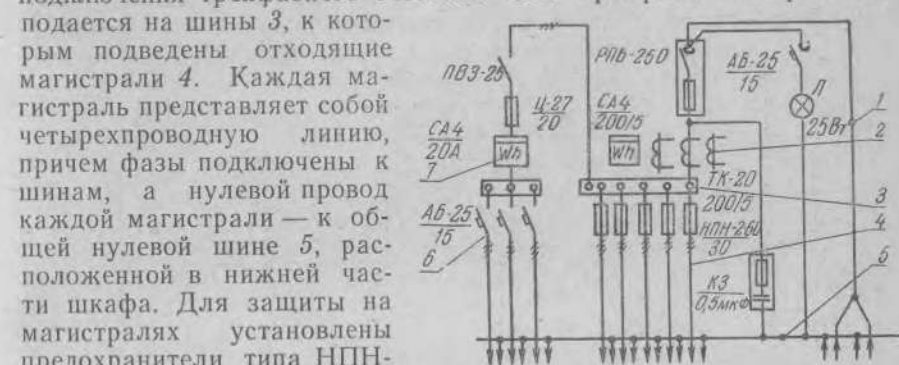


Рис. 3.23. Электрическая схема шкафа ШВ-4

подается на шины 3, к которым подведены отходящие магистрали 4. Каждая магистраль представляет собой четырехпроводную линию, причем фазы подключены к шинам, а нулевой провод каждой магистрали — к общей нулевой шине 5, расположенной в нижней части шкафа. Для защиты на магистралях установлены предохранители типа НПН-2-60 с плавкой вставкой на 30 А. Кроме пяти магистралей, предназначенных для питания квартир, от этих же шин трехфазное напряжение через трехполюсный выключатель ПВЗ-25 и пробочные предохранители Ц-27 с плавкой вставкой на 20 А подается на три трехфазные группы — так называемую нагрузку домоуправления. Она включает в себя освещение подъездов, лестничных клеток, подвалов и т. д. Расход энергии нагрузки домоуправления учитывается счетчиком 7, а для защиты используются автоматы 6 типа АВ 25.

К вспомогательным цепям шкафа относятся цепь освещения с лампой Л и цепь с конденсаторами КЗ, которые установлены для снижения уровня радиопомех.

Для общественных и жилых зданий повышенной этажности выпускаются вводно-распределительные устройства серии ВРУ.

### 3.17. Схема электроснабжения жилого дома

В жилом доме, имеющем большое число квартир, насыщенных разнообразными бытовыми приборами, а также развитые силовые установки (лифты, насосы, вентиляторы и т. д.) монтируется разветвленная и довольно сложная схема распределения электроэнергии. Эта схема содержит: вводно-распределительные устройства; питающие линии квартир; этажные и квартирные щитки и шкафы; групповые сети квартир; питающие линии общедомовых электроприемников; групповые сети освещения подвалов, лестничных клеток, коридоров и т. д.; сети автоматических противопожарных устройств и ряд других сетей.

Рассмотрим упрощенную схему электроснабжения многоквартирного жилого дома (рис. 3.24). От трансформаторной подстан-

ции ТП четырехжильный кабель вводится в подвальное помещение дома и подключается к вводно-распределительному устройству. Далее по стенам подвала прокладываются четырехпроводные магистрали 4, количество которых должно соответствовать числу лестничных клеток в доме (в строительном-монтажной терминологии лестничные клетки с выходящими на них помещениями называются секциями). Далее магистраль переходит в вертикальную проводку секции, называемую лестничным магистральным стоя-

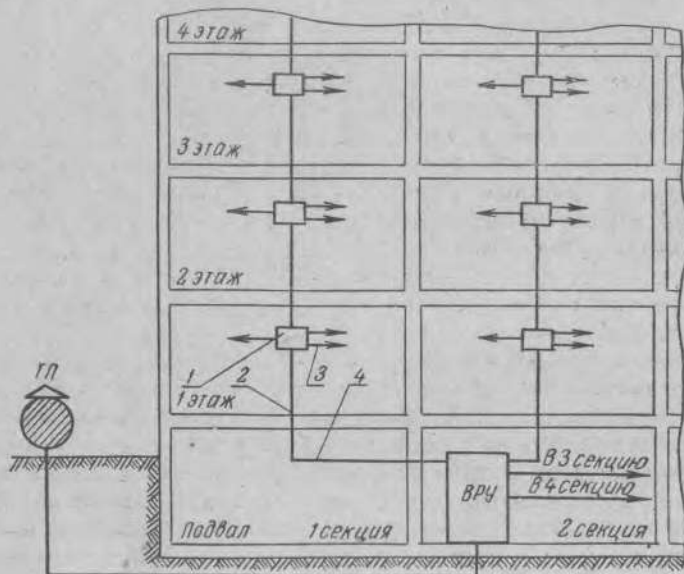


Рис. 3.24. Схема электроснабжения жилого дома

ком 2. На лестничной площадке каждого этажа монтируется этажный распределительный щиток, конструкция которого зависит от места установки квартирного счетчика. В рассматриваемой схеме на лестничной площадке смонтирован учетный этажный щиток 1, от которого двухпроводные линии 3 отходят в квартиры. При установке счетчиков на квартирных щитках на лестничных клетках монтируются этажные защитные щитки.

### 3.18. Трубы и трубки

Для устройства осветительных и силовых сетей в производственных, подвальных и чердачных помещениях, на лестничных клетках в жилых и других гражданских сооружениях, а также в наружных установках применяются трубные электропроводки.

Трубы предназначены для защиты проложенных в них проводов и кабелей от возможных механических повреждений и от воздействия окружающей среды. В зависимости от назначения элек-

тропроводки и вида окружающей среды трубопроводы могут быть собраны из стальных водопроводных (газовых), стальных электросварных, полиэтиленовых, виниловых и полипропиленовых труб.

Промышленность выпускает три вида *стальных газовых труб*: обыкновенные, легкие и тонкостенные. Они отличаются друг от друга толщиной стенки. Используются при монтаже проводки во взрывоопасных и особо сырых помещениях. Основным размером газовой трубы служит ее внутренний диаметр — условный проход (мм).

*Электросварные стальные трубы* применяют в тех случаях, когда требуется защита проводов только от механических повреждений. Трубопроводы, собранные из этих труб, не защищают провода от воздействия окружающей среды, так как электросварка шва не обеспечивает достаточной герметичности. Поэтому их используют для электропроводок в сухих, влажных и жарких помещениях. Эти трубы имеют меньшую толщину стенок по сравнению с газовыми, значительно легче и дешевле. Основным размером электросварной трубы — наружный диаметр. Для электромонтажных работ применяют трубы с наружным диаметром 18...60 мм при толщине стенок 1,6...2 мм.

С развитием химической промышленности все большее распространение получают трубы, изготовленные из *полимерных материалов*. Так, например, полиэтиленовые и полипропиленовые трубы применяют для скрытой прокладки по несгораемым, а виниловые — для открытой и скрытой прокладки по несгораемым, трудносгораемым и сгораемым основаниям в сухих, влажных, сырых, особо сырых, пыльных, помещениях с химически активной средой, а также для защиты кабелей в агрессивном грунте. Запрещается прокладывать пластмассовые трубы во взрывоопасных и пожароопасных зданиях, в зрительных залах, на стенах и в кинобудках, детских садах и яслях, пионерских лагерях, больницах.

При монтаже электропроводок в качестве дополнительной изоляции часто используют *изоляционные трубки* разных диаметров — поливинилхлоридные, полиэтиленовые, резиновые. Они отличаются от труб меньшей толщиной стенок, а поэтому большей гибкостью.

### 3.19. Электроизоляционные материалы и изделия

*Изоляторы фарфоровые* используют при прокладке неизолированных и изолированных проводов в сырых, особо сырых и жарких помещениях, а также для монтажа воздушных линий. Они имеют различные размеры в зависимости от сечения проводов. Наиболее часто применяют изоляторы марки ТФ (телефонный фарфоровый). Изоляторы марки РФО (радиотрансляционный фарфоровый ответвительный) отличаются наличием трех шеек, с помощью которых удобно монтировать ответвления.

Втулки фарфоровые предназначены для дополнительной изоляции проводов при их прокладке через стены, перекрытия и перегородки внутри зданий.

Воронки фарфоровые используют в качестве дополнительной изоляции при прокладке проводов через стены в сырых, особо сырых помещениях, а также для устройства наружных вводов. Марка воронки отражает ее назначение и размер. Например, 1В-12 — это воронка для одного провода с внутренним диаметром 12 мм.

Лента изоляционная прорезиненная применяется для наложения дополнительной изоляции в местах ответвлений и соединений проводов, в случае повреждения основной изоляции провода, для усиления изоляции и т. д. Она представляет собой хлопчатобумажную основу, пропитанную составом из сырой резины. Различают ленту одностороннюю и двухстороннюю обычной и повышенной липкости.

Лента смоляная черная ЛН (для наружных работ) и ЛП (для подземных работ) представляет собой хлопчатобумажную основу шириной 15...70 мм, пропитанную битумной смолой. Используется при кабельных работах, а также для подмотки изоляции проводов в местах их привязки.

Лента поливинилхлоридная липкая марки ПХЛ с нанесенным тонким слоем специального липкого состава, применяется для ремонта и сращивания изоляции проводов и кабелей. По сравнению с изоляционной прорезиненной лента ПХЛ имеет более высокую электрическую прочность, но более низкую температурную стойкость.

Полиэтиленовые изолирующие колпачки предназначены для изоляции скруток проводов сечением до 4 мм<sup>2</sup>. Выпускаются диаметром 9, 11 и 12,5 мм. Применение этих колпачков вместо изоляционной ленты ускоряет монтаж электропроводок.

### 3.20. Коробки

При монтаже многих видов проводок соединения и ответвления проводов выполняют либо просто в гнездах, либо в соединительных и ответвительных коробках. Коробки можно использовать также для установки выключателей и штепсельных розеток при скрытой проводке.

Коробка У197 имеет корпус из тонколистовой стали и пластмассовую крышку. Применяется при скрытых проводках плоскими проводами для соединений и ответвлений.

Коробка У191 изготовлена из пластмассы и используется главным образом при открытой прокладке плоских проводов или провода марки ПРФ.

Стальные коробки типа У196 предназначены для установки выключателей и штепсельных розеток при скрытой проводке. Внутри коробки проложена дополнительная изоляция из электротехнического картона, в корпусе имеются отверстия для ввода проводов или трубок.

Коробки пластмассовые уплотненные серии КОР трех- и четырехрожковые применяют для электропроводок, выполняемых в сырых и пыльных помещениях кабелями или проводами в открыто проложенных неметаллических трубах.

Для проводок в стальных трубах могут использоваться специальные чугунные коробки со стальной крышкой. По конструкции эти коробки бывают прямые, угловые, тройниковые и крестообразные. Их разновидностью являются взрывозащищенные чугунные коробки для соединения труб, проложенных во взрывоопасных зонах. Они могут быть проходные прямые (КПП), проходные с вводом проводов через дно (КПД), тройниковые ответвительные (КТО), крестовые ответвительные (ККО), проходные разделительные (КПР) и тройниковые с вводом через дно (КТД).

### 3.21. Крепежные изделия

Заводы Главэлектромонтажа выпускают различные стандартные монтажные детали, в том числе и крепежные изделия. Ознакомимся с основными и наиболее употребительными видами крепежных деталей общего назначения.

Дюбель предназначен для крепления электромонтажных изделий, аппаратов, приборов к кирпичным и бетонным основаниям.

Дюбель капроновый (рис. 3.25, а) представляет собой капроновую втулку с двумя продольными разрезами. Удерживается в отверстии за счет того, что при ввертывании шурупа стенки дюбеля расходятся и прочно заклинивают его в отверстии.

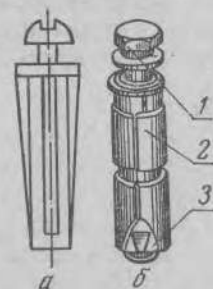


Рис. 3.25. Дюбели:  
а — капроновый, б — с распорной гайкой

Дюбель с распорной гайкой (рис. 3.25, б) применяется для закрепления тяжелых деталей и натяжения провода или троса. Представляет собой

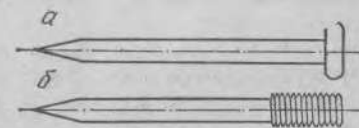


Рис. 3.26. Дюбели для строительного монтажного пистолета:  
а — дюбель-гвоздь, б — дюбель-винт

стальную фасонную втулку 2, один конец которой имеет продольные надрезы. В него вставляется распорная гайка 3 с болтом 1. В подготовленное отверстие закладывают дюбель и заворачивают в него болт. Распорная гайка перемещается к головке болта и разгибает надрезанные концы дюбеля, благодаря чему дюбель прочно удерживается в отверстии.

Существуют дюбели, для закрепления которых не требуется предварительно высверливать отверстия. Дюбель-гвозди ДГР

(рис. 3. 26, а) выпускают длиной 25 и 35 мм. Их забивают в кирпичные и бетонные элементы молотком при помощи ручной пиротехнической или ручной оправки. В ряде случаев, когда требуется закрепленные детали снимать для осмотра, ремонта или замены, используют дюбеля ДВ (рис. 3. 26, б) с наружной резьбой. Эти, а также дюбеля марки ДГ забивают при помощи строительного монтажного пистолета.

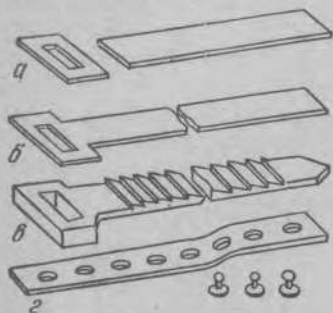


Рис. 3.27. Полоски монтажные:

а — полоска и пружка стальные, б — полоска-пружка алюминиевая, в — полоска-пружка полиэтиленовая, г — перфорированная лента с кнопками

Скобки стальные (однолапковые и двухлапковые) и полиэтиленовые (одинарные и двойные) используют для крепления одного или нескольких проводов и кабелей.

Крюки служат для установки изоляторов и изготавливаются из прутковой стали. Хвостовик имеет резьбу для ввертывания в деревянные основания, на другом конце крюка делаются насечки для надежного крепления изолятора. Выпускают крюки марок КН-12, КН-16 и КН-18 (крюк низковольтный, изготовленный из прутка диаметром 12, 16 или 18 мм). В ряде

случаев изоляторы крепятся на стальных штырях типа ШН-18 или ШН-21.

При монтаже открытых электропроводок в качестве крепежных изделий часто используют полоски и пружки, изготовленные из стали или алюминия, полоски-пружки из алюминия или полиэтилена, а также перфорированную поливинилхлоридную ленту и полиэтиленовые кнопки (рис. 3.27).

### 3.22. Сведения о проекте осветительной электроустановки

Проект производства электромонтажных работ содержит: рабочие чертежи, в которых указывается перечень электрооборудования и материалов, однолинейные схемы питающей сети, планы всех помещений и территорий, а также ряд других сведений, облегчающих проведение монтажных работ;

пояснительную записку со сведениями о принятом напряжении и источниках питания, расчетом потери напряжения в сети, необходимыми пояснениями к рабочим чертежам и с итоговыми данными проекта (установленная мощность оборудования, общее количество аппаратов и т. д.);

спецификацию, то есть перечень всего оборудования и материалов, необходимых для выполнения монтажных работ и изготовления конструкций в мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ).

Для непосредственного выполнения электромонтажных работ составляется план помещения с однолинейной схемой электропро-

водки. Строительные детали, не относящиеся к проводкам, изображаются на нем тонкими линиями, а проводки и электрооборудование — утолщенными. В качестве примера рассмотрим план квартиры (рис. 3.28) с электропроводкой, проложенной в каналах строительных конструкций. На нем показаны участок лестничной клетки 1, прихожая 2, ванная комната 3, туалет 4, кухня 5, жилые комнаты 6 и 7. На плане указываются также места подвеса ламп,

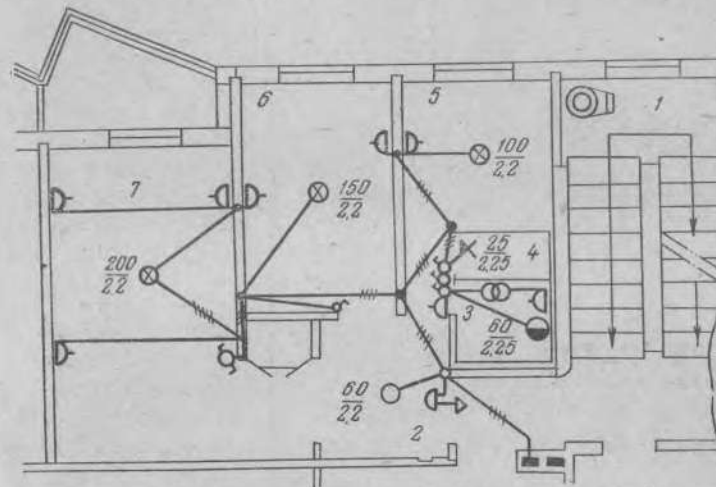


Рис. 3.28. План квартиры со схемой электрической проводки

их мощность (в числителе, Вт) и высота подвеса (в знаменателе, м), а также места установки выключателей, розеток, звонков, щитков и т. д. Количество проводов на каждом участке схемы отмечено соответствующим количеством рисок, нанесенных на линию проводки. На участке, содержащем только два провода, риски не ставятся.

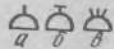
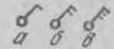
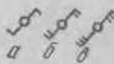
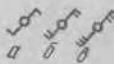


Основные условные обозначения на планах электропроводок приведены в табл. 3.8, а условные обозначения, которые используются для составления электрических схем, — в табл. 3.9.

### 3.23. Организация электромонтажных работ



Электромонтажные работы проводят в две стадии. Вначале разрабатывается «Проект производства электромонтажных работ» (ППЭР), комплектуется и собирается в блоки оборудование, осуществляется контроль за тем, чтобы строители оставляли все необходимые проемы для установки оборудования и закладки сетей; заготавливаются и устанавливаются в строительные элементы закладные детали, ведется стендовая заготовка узлов, кабельных линий и проводок.

Заготовка элементов электропроводки производится в МЭЗ на стендах, разметочных столах и верстаках, образующих технологи-

Таблица 3.8

Наименование	Обозначение
Лампа накаливания	×
Светильник с лампой накаливания	⊗
» с люминесцентной лампой	▬
» с лампой ДРЛ	○
Надпись у светильников: <i>a</i> — количество ламп в светильнике; <i>b</i> — мощность лампы, Вт; <i>a</i> — высота подвеса от пола до низа светильника, м	$\frac{a \times b}{\delta}$
Звонок электрический	⤴
Счетчик электрический	□
Магистральный пункт	▬
Щиток групповой рабочего освещения	▬
» » аварийного освещения	⊠
Ящик с автоматом	▬
Магнитный пускатель или контактор	□
Шкаф с конденсаторами	▬
Розетка штепсельная в защищенном исполнении:	
<i>a</i> — двухполюсная; <i>b</i> — двухполюсная с заземляющим контактом; <i>c</i> — трехполюсная с заземляющим контактом. Для розеток в брызгозащищенном исполнении полукруг зачерняется	
Выключатель в защищенном исполнении:	
<i>a</i> — однополюсный; <i>b</i> — двухполюсный; <i>c</i> — трехполюсный. Для брызгозащищенных выключателей кружок обозначения зачерняется	
Переключатель в защищенном исполнении:	
<i>a</i> — однополюсный; <i>b</i> — двухполюсный; <i>c</i> — трехполюсный. Для брызгозащищенных переключателей кружок обозначения зачерняется	
Линия сети рабочего освещения	—
» » аварийного освещения	- - -
» » 36В и ниже	—•—•—•—
Трос и его концевое крепление	—□—

Продолжение таблицы 3.8

Наименование	Обозначение
Изменение сечения и способа прокладки	$\frac{3 \times 16}{\text{---}} \times \frac{3 \times 10}{\text{---}}$
Количество проводов линии указывается числом черточек. На двухпроводных линиях черточки не ставятся	—•—
Маркировка фаз:	A, B, C, N
A — первая фаза; B — вторая фаза; C — третья фаза; N — нулевой провод	
Обозначения стояков: <i>a</i> — линия уходит вниз; <i>b</i> — линия приходит снизу; <i>c</i> — линия уходит вверх; <i>d</i> — линия приходит сверху; <i>e</i> — линия приходит сверху и уходит вниз; <i>ж</i> — линия разветвляется и уходит вверх и вниз	
Заземление	⊥
Прокладка в металлических трубах	(П)
» в металлических рукавах	(Мр)
» на изоляторах	(И)
» на роликах	(Р)
Прокладка на клинцах	(К)
Прокладка на тросе	(Тс)
Обозначение способов прокладки:	
Один четырехжильный кабель марки АНРГ сечением $3 \times 5 + 1 \times 16$ мм <sup>2</sup> , проложенный в стальной трубе с условным проходом 70 мм	$\frac{\text{АНРГ-1}(3 \times 50 + 1 \times 16) - 170}{\text{---}}$
Три одножильных провода марки АПВ сечением 10 мм <sup>2</sup> , проложенные на изоляторах	$\frac{\text{АПВ } 3(1 \times 10) \text{ И}}{\text{---}}$
Линия наружного рабочего освещения	—•—
» » охранного	- - -
Кабель в земле в траншее	—N— N— N—


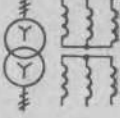
Примечания: 1. При обозначении сети освещения на плане линии питающей сети наносятся в 1,5 раза толще линий групповой сети. 2. Количество и тип светильников на многосветильниковой опоре, мощность ламп и высота их установки указываются в пояснениях или на планах. 3. Для обозначения светильников дежурного освещения ставится знак «Д».

Наименование	Обозначение
Кабель, защищенный трубой, в земле	
Очаг повторного заземления нулевого провода	
Трансформаторная подстанция	

Таблица 3.9

Наименование	Обозначение
Соединение проводов	
Провода пересекаются, но электрически не соединены	
Электрическое соединение, выполненное винтом или зажимом	
Штепсель	
Штепсельное гнездо	
Штепсельные соединения	
Выключатель	
Автоматический выключатель	
Звонок переменного тока	
Лампа осветительная	
» сигнальная	
Заземление	
Соединение с корпусом	

Наименование	Обозначение
Плавкий предохранитель	
Блок «рубильник — предохранитель»	
Резистор	
Обмотки контакторов, реле или магнитных пускателей	
Контакты контакторов, реле и т. д., замыкающие	
То же, размыкающие	
Подогреватель теплового реле	
Размыкающие контакты теплового реле	
Электродвигатель (общее обозначение)	
Асинхронный трехфазный электродвигатель с короткозамкнутым ротором; обмотки статора соединены в звезду	
Асинхронный трехфазный электродвигатель с шестью выводами обмоток статора	
Асинхронный трехфазный электродвигатель с фазным ротором; обмотки статора соединены в треугольник, а обмотки ротора — в звезду	
Электродвигатель постоянного тока (общее обозначение); а — обмотка возбуждения; б — якорь	

Наименование	Обозначение
Трансформатор однофазный	
Трансформатор трехфазный с обмотками, соединенными в звезду	

ческую линию. Выполняются следующие операции по обработке проводов и кабелей:

- обмер и раскрой проводов на отрезки небольшой длины;
- удаление изоляции с концов проводов и кабелей;
- обработка концов жил для выполнения соединений и ответвлений, а также присоединений к светильникам и приборам;
- соединение и ответвление проводов и жил кабелей опрессовкой, пайкой или сваркой;
- изоляция мест соединений и ответвлений;
- проверка и маркировка элементов схемы.

В условиях индустриализации электромонтажных работ технологические линии предназначаются не только для стендовой заготовки участков проводки, но и для обработки стальных и пластмассовых труб, медных и алюминиевых шин и т. д.

Работы первой стадии обычно выполняют одновременно со строительными работами, начиная с нулевого цикла.

На второй стадии (обычно после окончания строительных и основных отделочных работ) производят собственно электромонтажные работы. Они заключаются в установке на подготовленные места блоков и узлов оборудования, в прокладке осветительных и силовых сетей, в подключении приборов и аппаратуры.

- Электромонтажные работы ведут в следующем порядке:
- ознакомление с проектом (чертежами, схемами, запиской);
  - подготовка рабочего места;
  - подготовка материалов, изделий и рабочего инструмента;
  - разметка (операции по нанесению линий прокладки проводов и определению мест установки крепежных деталей и электрооборудования);
  - заготовительные работы;
  - прокладка проводов, кабелей, токопроводов и т. д.;
  - монтаж электрооборудования (светильников, электродвигателей, пусковой и защитной аппаратуры, щитов, шкафов и др.);

подключение электрооборудования и выполнение соединений и ответвлений проводов и кабелей;

проверка и испытание смонтированных электроустановок и сдача их в эксплуатацию.

### 3.24. Электромонтажный инструмент и приспособления

При разметке горизонтальные и вертикальные линии на поверхности помещений отбивают окрашенным шнурком. Для облегчения работы при разметке мест установки светильников пользуются разметочными шаблонами. Удобна для разметки рулетка с самоокрашивающимся шнурком (при выходе из корпуса рулетки шнурок окрашивается сухим красителем). Для повышения производительности труда применяют различные шаблоны, с помощью которых можно быстро нанести часто встречающиеся размеры.

Заготовка под прокладку проводов и установку электрооборудования — это наиболее трудоемкая операция. Для уменьшения объема пробивных работ строители оставляют в стенах и перекрытиях проемы, необходимые для электромонтажа; при изготовлении на ДСК или в процессе сооружения здания в строительных конструкциях устанавливают закладные детали, основной частью которых служит прямоугольная стальная планка или пластинка определенной толщины и формы. Но применение закладных деталей не всегда целесообразно. Например, для крепления проводов даже в пределах одной комнаты или квартиры нужно использовать много крепежных деталей (шурупов, дюбелей, скобок и т. д.). В этом случае заготовительные работы производят с помощью различных инструментов и приспособлений в уже готовых стенах и перекрытиях.

Для сверления отверстий применяют *электросверлилки pistolного типа* (отверстия диаметром до 9 мм), с закрытой центральной и одной боковой рукоятками (отверстия до 15 мм) или с двумя боковыми рукоятками и грудным упором (отверстия свыше 15 мм). В патрон инструмента вставляются спиральные сверла с пластинками из твердого сплава на режущей части. Гнезда для установки коробок также выполняются с помощью сверлилок, с закрепленными в них коронками типа КГС, позволяющими получить отверстие глубиной до 50 мм и диаметром 70 или 100 мм. Коронка состоит из корпуса с впаянными в него зубьями, хвостовика для закрепления в патроне и центрирующего сверла, которое не дает возможности коронке перемещаться в сторону при вращении. Чаще всего с коронкой применяется электросверлилка ИЭ-1014 мощностью 440 Вт напряжением 220 В и частотой вращения патрона 295 об/мин. Используют также электросверлилки серии ИЭ различной мощности напряжением 220 или 36 В и частотой 50 или 200 Гц.

*Электромагнитобур СЦ-2* может работать в трех режимах (ударно-вращательном, вращательном и ударном). При работе в ударно-вращательном режиме электромагнитный боек наносит удары



по хвостовику шпинделя, в котором закреплен рабочий инструмент, а электродвигатель приводит шпиндель во вращение. Электромагнитобуром можно сверлить отверстия (диаметром до 26 мм в бетоне, до 30 мм в кирпиче и дереве, до 18 мм в граните и металле), а также зачищать сварные швы и снимать заусенцы на электроконструкциях.

Кроме инструментов вращательного движения, для получения отверстий в электромонтажной практике используются ударные и ударно-поворотные инструменты. К ним относятся *перфораторы типа ПР, пневматические молотки серии Р или МР и электромолотки*. При небольшом объеме пробивных работ, а также в случаях, когда невозможно применение механизированных инструментов, эти работы выполняются вручную с использованием зубил, шлямбуров, пробойников.

При монтаже скрытых проводок провода прокладываются в бороздах. Для выборки борозд в гипсолитовых перегородках и кирпичных стенах применяется *механизм типа МВБ*. Рабочий инструмент механизма — это фреза, имеющая 24 пластинки из твердого сплава, которая вращается с частотой 650 об/мин от электро-сверлилки напряжением 220 В. Механизм позволяет выбирать борозды глубиной 20 и шириной 8 мм со скоростью до 5 м/мин. Корпус его снабжен пылесборником.

Для монтажных работ широко применяются *пиротехнические инструменты* (строительно-монтажные пистолеты, пиротехнические оправки и пиротехнические колонки), работа которых основана на использовании энергии пороховых газов.

? 1. Почему система напряжения 660/380 В является более экономичной по сравнению с системой напряжения 380/220 В и тем более с системой 220/127 В? 2. Почему для питания некоторых потребителей обязательно нужна четырехпроводная система трехфазного тока? 3. Приведите примеры обязательного использования аварийного освещения и назовите его виды. 4. Почему лампы накаливания имеют низкий к. п. д.? 5. Объясните разницу в свечении лампы накаливания и люминесцентной лампы. 6. Почему осветительная арматура имеет столь разнообразные конструкции? 7. Чем отличается переключатель от выключателя? 8. Назовите какую-либо марку провода, содержащую 4...5 букв и объясните значение каждой буквы в маркировке. 9. В чем отличие кабеля от провода? 10. Почему плавкая вставка предохранителя должна иметь строго определенное сечение? 11. Объясните, почему установка выключателя на нулевом проводе, а также присоединение холостого провода к резьбовому цоколю патрона хотя и не вызывает нарушений в работе схемы, но запрещается. 12. Приведите примеры применения схем управления электрическим освещением из двух мест. 13. Почему люминесцентная лампа-трубка начинает нормальную работу толчком, а лампа ДРЛ достигает нормальной интенсивности свечения постепенно? 14. Объясните, почему диск счетчика, сделанный из немагнитного материала (алюминия) вращается под действием магнитных полей катушек счетчика. 15. Как будет работать счетчик, если: а) поменять местами фазный и нулевой провода, подключенные к счетчику; б) поменять местами провода, подключенные к двум средним клеммам счетчика? 16. Как подсчитать расход электроэнергии по счетчику, включенному с трансформатором тока, имеющим коэффициент трансформации 35/5? 17. Почему в вводном устройстве дома нагрузка домоуправления должна быть подключена к отдельной системе шин? 18. В чем сущность индустриализации электромонтажных работ? 19. Перечислите основные виды электромонтажных работ, определите очередность их выполнения и кратко расскажите сущность каждой из них.

## 4.1. Монтаж электрических проводок на изоляторах

Одножильные изолированные провода на изоляторах монтируют в сухих, влажных, сырых, особо сырых, жарких, пыльных и пожароопасных помещениях, а также в наружных установках. Правилами устройства электроустановок разрешается применение неизолированных проводов при условии, что расстояние от пола до провода составит не менее 3,5 м.

При *разметке помещения* под проводку на изоляторах следует учитывать, что расстояние между точками крепления проводов зависит от сечения провода и составляет от 1 (для проводов сечением 2,5 мм<sup>2</sup>) до 6 м (для проводов сечением 95 мм<sup>2</sup> и более). Расстояние между проводами также зависит от сечения провода и принимается равным 70...150 мм. Места установки светильников отмечают разметочными шестами.

В процессе подготовки к монтажу проводки выполняют *армирование изолятора* — надежное крепление его на крюке, штыре или якоря. Наиболее распространен способ армировки с помощью пакли, пропитанной тертым на олифе суриком. Паклю тонкими прядями наматывают на конец крюка так, чтобы намотка имела бочкообразную форму, а диаметр ее обеспечивал плотное навертывание изолятора. Затем внутрь последнего закладывают небольшой комок пакли, предохраняющий его от повреждения торцом крюка, и завертывают изолятор вручную. Когда он завернут до отказа, его отвертывают на пол-оборота для того, чтобы снять возникшие механические напряжения в головке. Другой способ армировки — заливка крюка в изоляторе раствором, состоящим из одной части цемента, двух частей песка и жидкого стекла (1 л на ведро смеси цемента с песком). Часто для армировки изоляторов используют также пластмассовые колпачки типа Л121.

Следует помнить, что перед армировкой необходимо осмотреть изоляторы и произвести их отбраковку. Изоляторы с надломами, сколами, повреждениями глазури и даже мелкими трещинами могут привести во влажной среде к образованию больших токов утечки, а иногда и к авариям.

По деревянным основаниям крючья с изоляторами заворачивают в отверстия, высверленные буровом или сверлом. Диаметр отверстия должен быть в 1,5...2 раза меньше диаметра резьбы крюка. Крюк завертывают специальными ключами на всю длину резьбы плюс 15 мм гладкой его части. В кирпичные и бетонные основания крюки вмазывают цементным раствором в заранее подготовленные гнезда.

Для параллельной прокладки нескольких проводов удобно вместо установки отдельных крючков использовать металлоконструкции с приваренными к ним штырями или крючками. Эти конструкции вмазывают в стены и потолки, пристреливают строитель-

но-монтажным пистолетом или приваривают к металлическим элементам здания (рис. 4.1, а, б). Если участок проводки проходит по потолку, то изоляторы крепят не на крюках, а на якорях, полуякорях или потолочных конструкциях (рис. 4.1, в, г).

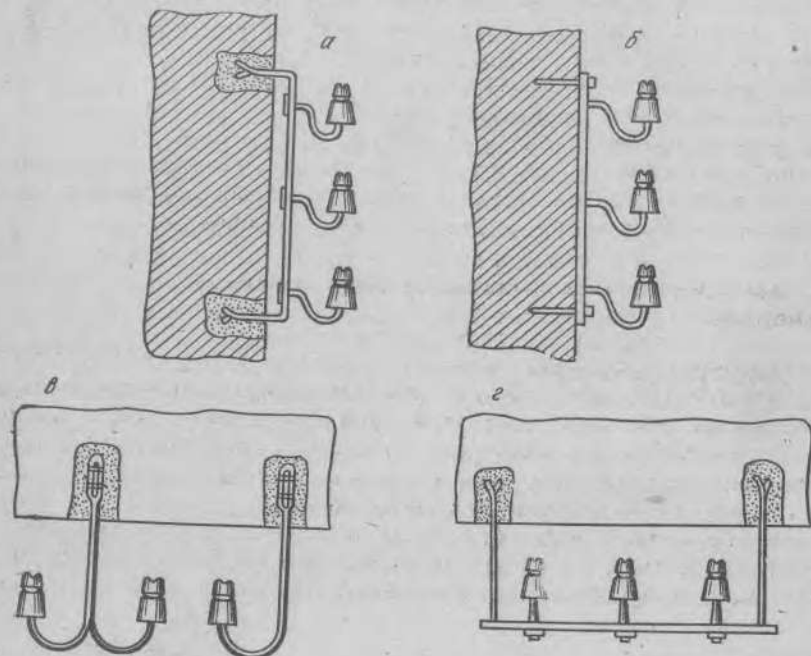


Рис. 4.1. Установка изоляторов:

а — на полосе, закрепленной цементным раствором, б — на полосе, пристреленной к стене, в — на якоре и полуякоре, г — на потолочной конструкции.

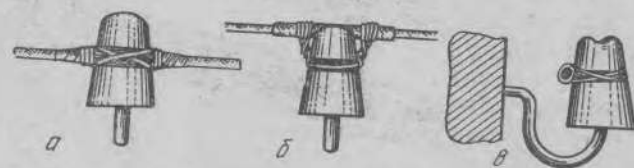


Рис. 4.2. Крепление провода на изоляторе:

а — на шейке, б — на головке, в — расположение провода на изоляторе

После установки изоляторов выполняют *натягивание проводов* и их привязку (рис. 4.2). Чаще всего провод привязывают к шейке изолятора и располагают его так, чтобы он находился между изолятором и основанием. Проходы через стены выполняют в неразрезанных изоляционных трубках с оконцеванием в сухих помещениях изоляционными втулками, а в сырых — воронками. Если провода проходят из одного сухого помещения в другое, то их про-

кладывают в общей трубке, а при проходе из сухого в сырое или из сырого в сырое помещение каждый провод прокладывают в отдельной изоляционной трубке, причем воронки заливают изолирующим компаундом (рис. 4.3). Расстояние между пересекающимися проводами должно быть не менее 50 мм, а между проводом и трубкой с горючей жидкостью или газом — не менее 100 мм. Если это условие выполнить невозможно, то провода в месте пересечения закладывают в борозды с применением изоляционных трубок и воронок.

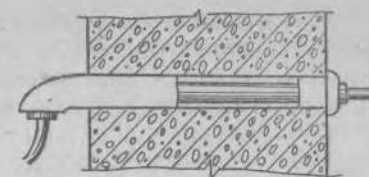


Рис. 4.3. Проход провода сквозь стену

#### 4.2. Монтаж открытой электропроводки плоскими проводами

Открытую прокладку плоских проводов ППП, АППП, ППВ, АППВ и АППВС выполняют в сухих, влажных, жарких и пыльных помещениях. Разметку для этой проводки делают после окончания штукатурных и малярных работ. Вначале размечают места крепления светильников, выключателей, штепсельных розеток, затем отбивают порошок мела трассы проводов.

При разметке соблюдают следующие размеры. Расстояние от отметки чистого пола до штепсельной розетки должно быть 800...1000 мм. Выключатели устанавливают на высоте 1500 мм (в дет-

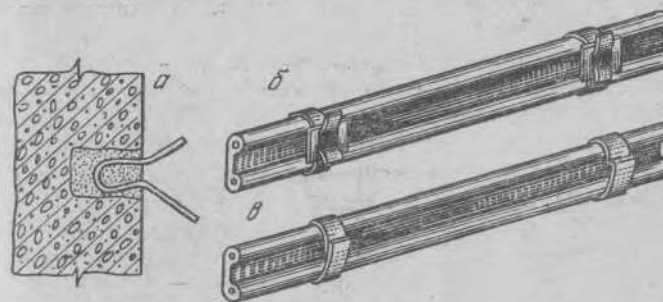


Рис. 4.4. Элементы проводки плоскими проводами:

а — установка полоски, б — крепление провода полоской с пражкой, в — крепление провода полоской без пражки

ских и школьных помещениях — 1800 мм). Между точками крепления провода должно быть не более 400 мм, между проводами в случае параллельной прокладки — не менее 3...5 мм (прокладка плоских проводов пучками не допускается); от точки крепления провода до ввода в коробку, выключатель, светильник — 50...100 мм, до изгиба провода при повороте трассы — 100 мм; радиус изгиба провода должен быть не менее его шестикратной ширины.

К деревянным поверхностям провода с разделительной перемычкой прибивают гвоздями со шляпкой диаметром 3 мм. Под провод по всей длине прокладывают асбестовую полоску толщиной не менее 3 мм и такой ширины, чтобы она выступала на 5...6 мм по обе стороны провода. На кирпичных оштукатуренных стенах провода можно закреплять с помощью полосок, полосок с пружками, с применением клея. Полоски замазывают алебастровым раствором в

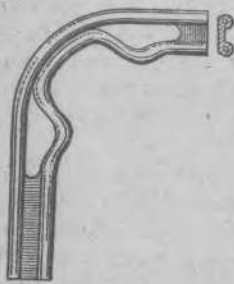


Рис. 4.5. Изгиб плоского провода

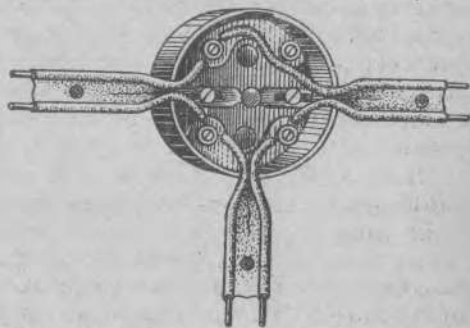


Рис. 4.6. Ответвление проводов в коробке

высверленные в стенах гнезда (рис. 4.4, а). После застывания раствора провод закладывают между концами полоски и закрепляют ее согнутыми концами или пружкой (рис. 4.4, б, в).

Крепление элементов электрических сетей с помощью полимерных клеев — это перспективный способ монтажа, снижающий его стоимость и облегчающий условия труда. Наиболее часто применяют клеи БМК-5 и БМК-5К. Первый вызывает коррозию металла, поэтому им крепят немаetalлические детали к немаetalлическим основаниям. Клей БМК-5К не имеет этого недостатка и, кроме того, более прочно удерживает деталь, хотя время схватывания заметно больше. Как правило, к поверхности стены или потолка приклеивают опорные детали (металлические или пластмассовые скобки, закрепы и клицы), к которым крепят провода и кабели.

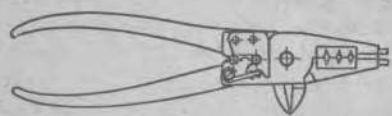


Рис. 4.7. Клещи KV-1

Место приклеивания зачищают стальной щеткой или шпателем от неровностей и загрязнений и проверяют плотность прилегания к нему опорной детали. После этого из тубы выжимают клей и наносят ровным слоем толщиной не более 0,5...

1 мм на поверхности основания и опорной детали, а деталь прижимают к основанию на 3...5 с. Крепление участков проводки к приклеенным опорным деталям с помощью полосок, перфорированной крепежной ленты или кнопок можно выполнить через 24 ч. Аналогично приклеивают к поверхности ответвительные коробки, корпуса полугерметических выключателей, деревянные подрозетники, специальные опорные детали для прокладки магистралей заземления и т. п.

Для повышения производительности труда при работах с клеем используют приспособление, включающее в себя щетку и скребок для подготовки поверхности и рычаг для надежной фиксации опорной детали во время схватывания клея.

В местах поворота трассы провод изгибают плашмя или на ребро (рис. 4.5). Соединения и ответвления плоских проводов выполняют в коробках. Для ввода провода в коробку разрезают разделительную перемычку и сближают жилы. Соединение проводов в коробках производится винтовыми зажимами, пайкой, сваркой и опрессовкой. На рис. 4.6 показано ответвление в коробке с винтовыми зажимами. Выключатели и розетки устанавливают на деревянных подрозетниках, провода в них вводят так же, как и в коробки.

Для повышения производительности труда при работе с плоскими проводами удобно пользоваться клещами KV-1 (рис. 4.7). С их помощью можно перекусывать жилы, вырезать перемычку, снимать изоляцию и изгибать колечки под винтовые зажимы. В связи с большими затратами труда на монтаж данного вида проводки монтажные организации используют промышленные методы с предварительной заготовкой всех узлов проводки в МЭЗ на специально оборудованных станках.

### 4.3. Монтаж кабелей и защищенных проводов

Открытую прокладку кабелей применяют для всех видов помещений и для наружных сетей. Допускается прокладка кабелей при температуре не ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  (с пластмассовой оболочкой) и не ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  (со свинцовой оболочкой).

Расстояние между точками закрепления кабелей принимается равным 500 мм независимо от способа крепления. От ближайшей точки крепления до начала изгиба допускается 10...15 мм, а до ввода в коробки, приборы и арматуру — 50...100 мм. Наименьший допустимый радиус изгиба кабеля составляет 10 наружных диаметров.

Кабели можно крепить различными способами, поэтому подготовительные работы выполняют по-разному. Металлические или пластмассовые пружинящие скобы для крепления кабеля устанавливают в стене на шурупах или дюбель-гвоздях. Часто кабель крепят с помощью металлических монтажных полосок и полосок с пружками; применяют также зубчатые полиэтиленовые полоски-пружины с полиэтиленовыми закрепами. К числу наиболее производительных относится крепление кабелей на стальных полосках или проволоке. К стене пристреливают стальную полосу или анкерные пластины с натянутой между ними проволокой (катанкой), а затем монтажными полосками крепят кабель к проволоке или полосе.

Проход кабеля через стену выполняют либо в отрезке металлической или изоляционной трубы, либо в открытом оштукатуренном проеме. В одной трубе разрешается прокладывать несколько кабелей, если они относятся к одной цепи. Проход сквозь перекры-

должны быть расположены как можно ближе одна к другой, но не должны заходить друг на друга.

После заготовки отдельных участков провода их закрепляют в крепежных деталях таким образом, чтобы шов был повернут к стене. Разделка конца провода для подключения к выключателю, розетке или коробке выполняется в такой последовательности. На

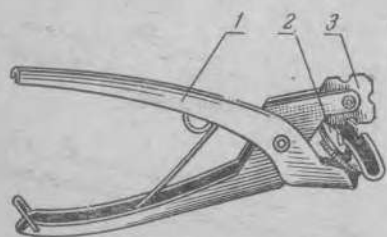


Рис. 4.11. Клещи КТ-2 для изгиба проводов

некотором расстоянии от конца провода делают ножом кольцевой надрез оболочки и удаляют надрезанную часть. На бумажную ленту, находящуюся под оболочкой, на длине 4...5 мм от среза наматывают бандаж из ниток и пропитывают его клеящим лаком. Провод вводят в коробку или выключатель с таким расчетом, чтобы металлическая оболочка входила в корпус на несколько миллиметров. Для создания непрерывной электрической цепи заземления оболочки проводов должны быть соединены между собой возле соединительных и ответвительных коробок и присоединены к групповым щиткам точно так же, как и оболочки кабелей.

После выполнения всех работ проводку осматривают и при необходимости отдельные участки выравнивают с помощью молотка и деревянных брусков.

#### 4.4. Монтаж проводок в стальных трубах

Электропроводки в стальных трубах применяют для монтажа осветительных и силовых сетей во взрывоопасных зонах промышленных предприятий и других помещениях. В стальных трубах разрешается прокладывать провода ПВ, АПВ, ПТВ, ПР, АПР, ПРВ, АПРВ и кабели ВРГ, АВРГ, НРГ, АНРГ, АВВГ и др.

После очистки труб от грязи, ржавчины, и окалины их окрашивают внутри и снаружи асфальтовым лаком; если после прокладки

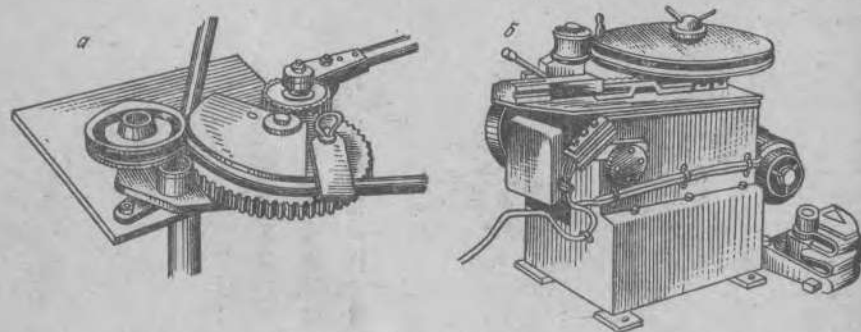


Рис. 4.12. Трубогибы:  
а — ручной ТРТ-24, б — универсальный шинотрубогиб УШТМ-2

трубы будут заливаться бетоном, то их наружная поверхность не окрашивается (для лучшего сцепления с бетоном), не окрашиваются оцинкованные трубы. Их разметка выполняется на специальном столе по чертежам проекта или по эскизам, снятым непосредственно на объекте. Отрезают трубу на труборезном станке, затем снимают внутреннюю и наружную фаски на обоих торцах

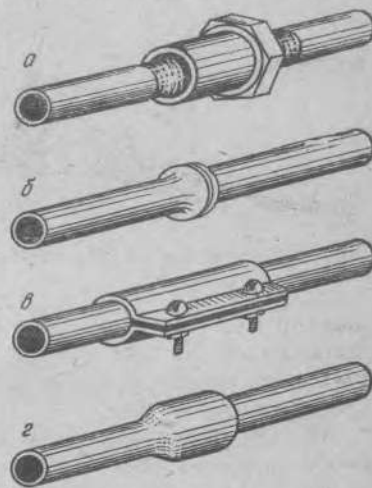


Рис. 4.13. Способы соединения стальных труб:

а — резьбовой муфтой, б — сваркой с предварительной развальцовкой, в — муфтой на витках, г — с помощью раструба

трубы. Гнут трубы с помощью ручных или механических трубогибов (рис. 4.12). В зависимости от вида труб и условий окружающей среды существуют различные способы их соединения. Наиболее надежный способ — применение резьбовых муфт (в качестве уплотняющего материала используется фторлоновая уплотнительная лента ФУМ или пенька, пропитанная тертым на олифе суриком). С помощью нормальных резьбовых муфт (рис. 4.13, а) можно соединять не только водогазопроводные, но и тонкостенные трубы. Для этой цели на последних не нарезают, а накатывают резьбу с помощью специального резьбонакатного инструмента. В сухих непальных помещениях для соединения применяют различные муфты, манжеты и раструбы (рис. 4.13, б, в, г). Тонкостенные трубы соединяют также методом вальцовки.

После заготовки трубы собирают в блоки и пакеты, маркируют и доставляют на монтажный объект.

На рис. 4.14 изображены некоторые виды крепления труб. Расстояние между точками крепления зависит от диаметра условного прохода труб, составляет 2,5...6 м и приводится в монтажных таблицах.

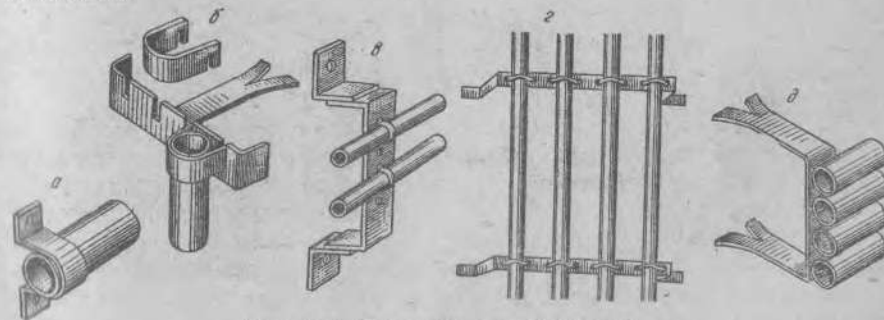


Рис. 4.14. Крепление стальных труб:

а — скобами к стене, б — скобами на крепежах, в, г, д — на металлоконструкциях

При скрытой прокладке в административных и культурно-общественных зданиях трубопроводы крепят в бороздах стен и каналах полов с зазором между трубами не менее 10 мм. Трубы закрепляют в бороздах деревянными или пластмассовыми распорками, привязывают стальной проволокой или примораживают раствором алебаstra. Глубина закладки труб должна быть такой, чтобы слой штукатурки над трубой был не менее 5 мм, а толщина слоя в полу — не менее 20 мм.

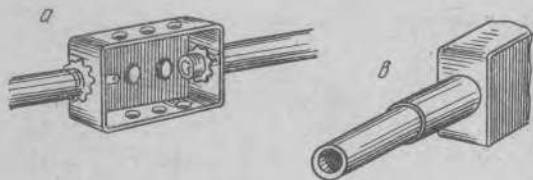
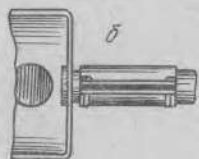


Рис. 4.15. Соединение труб с коробками: а — заземляющей гайкой, б — муфтой на винтах, в — сваркой

Все соединения и отведения проводов выполняют в коробках специальных конструкций, установка которых ведется одновременно с прокладкой труб. Коробка не только дает возможность смонтировать соединение проводов, но и соединяет отдельные участки трубопровода, поэтому ввод труб в коробки должен обеспечивать механическую прочность и надежный электрический контакт для цепи заземления. Если коробки имеют соединительные патрубки, то соединение трубы с коробкой делают так же, как и соединение труб между собой. В том случае, когда в боковых стенках имеются только отверстия для ввода труб, на их концах нарезают резьбу, трубы вводят в коробку и закрепляют с помощью установочных заземляющих гаек. Варианты ввода труб в коробки приведены на рис. 4.15.

Так же, как и металлические оболочки кабелей, стальные трубопроводы заземляются. Более того, «Правилами устройства электроустановок» разрешается использовать их в качестве заземляющих магистралей и нулевых защитных проводников (при условии, что толщина стенки трубы составляет не менее 1,5 мм). Поэтому все соединения труб между собой и с коробками должны иметь надежный контакт с возможно меньшим сопротивлением.

Для этого трубы должны соединяться с помощью резьбовых муфт, которые наворачивают на конец трубы с короткой резьбой до упора, а контргайка устанавливается со стороны сгона. Если трубы соединяются без сгона, то муфта навертывается на короткую резьбу до упора, а затем в нее ввертывается также до упора вторая труба с короткой резьбой. Соединения труб при скрытой прокладке в стенах, монолитных бетонных и железобетонных конструкциях, при открытой прокладке в помещениях с химически активной средой, сырых, особо сырых, пыльных, а также в наружных элект-

роустановках выполняются резьбовыми муфтами с уплотнением обычными материалами.

Для непрерывности электрической цепи заземления соединения труб с коробками, щитками, корпусами аппаратов могут выполняться:

присоединением от флажка, приваренного к трубе к заземляющему болту на корпусе аппарата, панели, щитка;

установкой на трубе двух установочных заземляющих гаек или одной заземляющей гайки и контргайки с креплением стального листа между гайками;

муфтой, навинчиваемой на трубу и патрубок коробки;

ввертыванием концов труб с короткой резьбой в резьбовую часть коробки на всю длину короткой резьбы.

#### 4.5. Прокладка проводов на лотках и в коробках

В сухих, влажных, сырых и жарких помещениях могут применяться электропроводки на лотках и в коробках. Для таких проводов разрешается использовать провода марок ПР, АПР, ПРВ, АПРВ, ПВ, АПВ, АПП и кабели АВРГ, АСРГ, АНРГ, АВВГ, АПВГ и др.

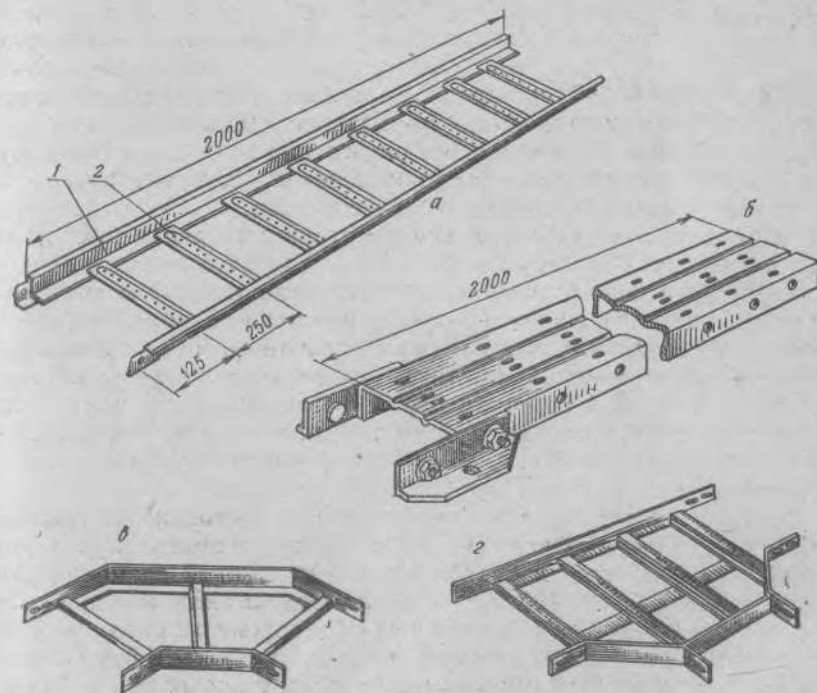


Рис. 4.16. Конструкции лотков: а — прямой, б — перфорированный, в — угловой, г — треугольный

Выпускают несколько видов лотков. *Прямой лоток* (рис. 4.16, а) представляет собой полосы 1 специального профиля, соединенные между собой штампованными перфорированными планками 2. Обычно расстояние между планками составляет 250 мм, а ширина лотка — 50, 100, 200 и 400 мм. Длина его прямой секции независимо от ширины составляет 2000 мм. Выпускают лотки, изготовленные

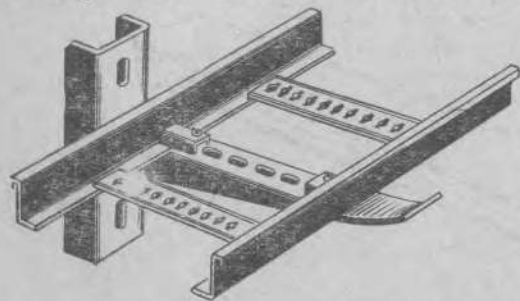


Рис. 4.17. Установка лотка на кабельной полке

из перфорированных стальных полос (рис. 4.16, б), а также сварные с угловыми, тройниковыми и крестообразными секциями (рис. 4.16, в, г), позволяющими выполнить повороты трассы и ответвление от нее. Лотковые магистрали набирают из отдельных секций и соединяют болтами и соединительными планками, входящими в комплект лотков. Для монтажа магистралей по стенам чаще всего используют кабельные полки (рис. 4.17), а для крепления к потолку — подвесные конструкции. Лотки можно также устанавливать на кронштейнах и подвешивать на тросах.

Разметка помещения для монтажа лотков выполняется согласно проекту. Расстояние между опорными конструкциями зависит от типа лотков и массы прокладываемых проводов и кабелей, но в любом случае не должно превышать 2 м, высота установки полок не менее 2 м, а минимальное расстояние до потолка — 250 мм. Если лотковые магистрали располагаются в несколько ярусов, то между ними выдерживается расстояние 250 мм.

К стенам и потолкам опорные конструкции крепят пристреливанием, приваркой к закладным деталям или вмазыванием болтов, шпилек и т. д. После их установки собирают лотковые магистрали. Для создания непрерывной электрической цепи заземления отдельные секции соединяют между собой способом, обеспечивающим надежный электрический контакт. Заземление всей магистрали производится присоединением ее к заземляющему устройству не менее чем в двух местах, причем заземляется также конец каждого ответвления.

Прокладку проводов и кабелей на лотках выполняют после окончания штукатурных и малярных работ. Кабели укладывают обычно в один ряд без зазора между ними или пучками вплотную друг к другу (2...3 слоя в пучке), причем наружный диаметр пучка должен быть не более 100 мм. Провода можно укладывать на лотках как в один ряд, так и пучками (не более 12 проводов в пучке). Пучки скрепляют бандажами на расстоянии не более 4,5 м на горизонтальных прямолинейных участках трассы и не более 1 м на вертикальных. Если лотки установлены горизонтально, то на прямых участках крепить к ним кабели и провода не нужно, при установ-

ке лотков в вертикальной плоскости крепления выполняют через 1 м, а в местах поворота трассы или ответвления при любом расположении лотков — не более 0,5 м до и после поворота или ответвления.

Стальные короба обеспечивают защиту проводов и кабелей от механических повреждений, поэтому их широко применяют вместо

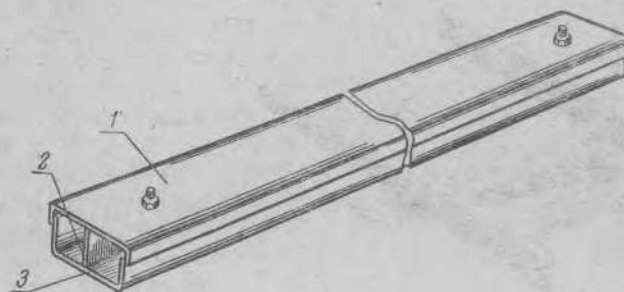


Рис. 4.18. Короб К-815А

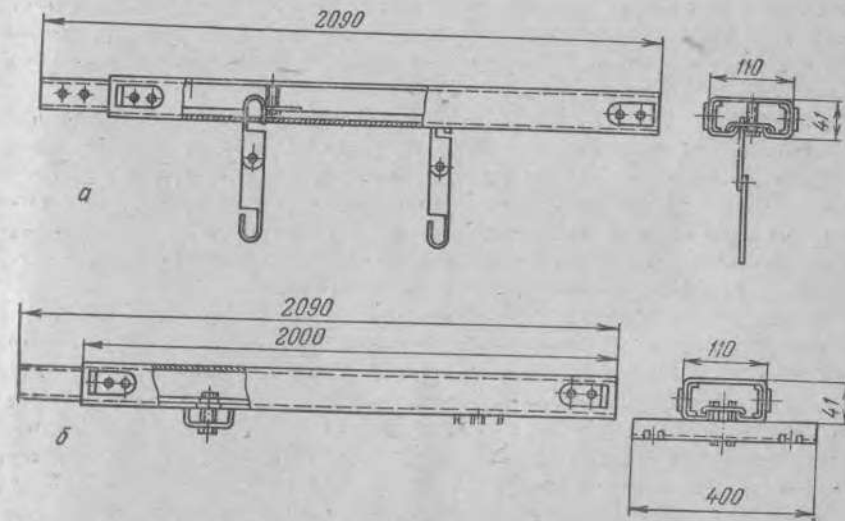


Рис. 4.19. Короба для подвески люминесцентных светильников:  
а — КЛ-1, б — КЛ-2

стальных труб. *Короб К-815А* (рис. 4.18) — это конструкция из листовой стали длиной 3 м, состоящая из корытообразного основания 3 и крышки 1, которая крепится болтами. Для образования двух продольных каналов в коробе может быть разделяющая перегородка 2. Внутри него имеются планки для закрепления проводов и кабелей.

Для сборки магистралей различных конфигураций кроме прямых выпускаются угловые, тройниковые и крестообразные короба.

На промышленных предприятиях для однорядного расположения люминесцентных светильников применяют специальные короба КЛ-1, для двухрядного — КЛ-2 (рис. 4.19).

#### 4.6. Монтаж тросовых проводок

Универсальность тросовых проводок позволяет применять их в производственных помещениях с любой средой, а также для освещения складов, галерей, стоянок автотранспорта, спортивных площадок и т. д. Их используют в тех случаях, когда обычные виды электропроводок трудно смонтировать из-за отсутствия опорных поверхностей (в помещениях с большими оконными проемами, с большими расстояниями между стенами). Около 90% всех работ по комплектации и монтажу проводки можно выполнить в МЭЗ, а на монтажном объекте собранную проводку остается только закрепить к конструкциям и присоединить к сети.

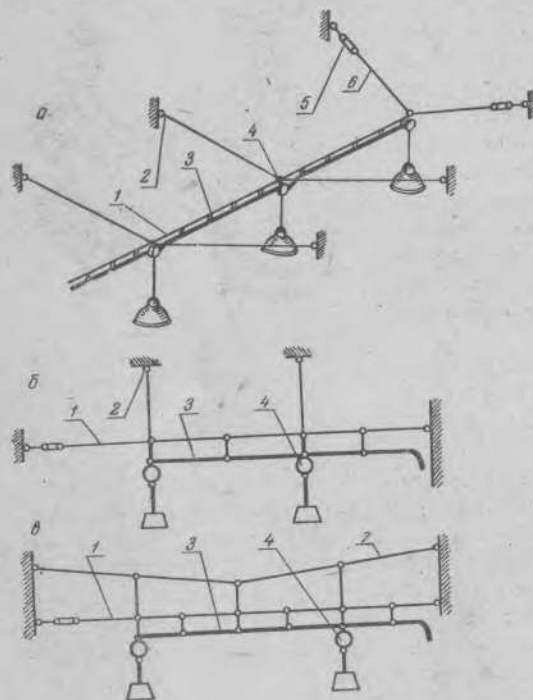


Рис. 4.20. Схемы тросовых проводок:  
а — подвеска на поперечных тросах, б — продольная подвеска на одном тросе, в — продольная подвеска на двух тросах

При проводке проводов и кабелей на поперечных несущих тросах (рис. 4.20, а) провод или кабель 3 подвешивают к несущему тросу 1, закрепленному на поперечных тросах 6, подвешенных на анкерных креплениях 2. Натяжение поперечных тросов регулируется натяжными устройствами 5. Для подвешивания светильников на продольном тросе монтируют ответвительные коробки 4.

Тросовые проводки монтируют с помощью тросов, служащих опорой для крепления проводов и кабелей, или специальными проводами с несущим тросом марок АРТ, АВТ, АВТС.

При проводке проводов и кабелей на поперечных несущих тросах (рис. 4.20, а) провод или кабель 3 подвешивают к несущему тросу 1, закрепленному на поперечных тросах 6, подвешенных на анкерных креплениях 2. Натяжение поперечных тросов регулируется натяжными устройствами 5. Для подвешивания светильников на продольном тросе монтируют ответвительные коробки 4.

Продольную подвеску на одном несущем тросе (рис. 4.20, б) выполняют следующим образом. Через определенные расстояния несущий трос с помощью струнных подвесок крепят к потолку. Это делается для того, чтобы при значительных пролетах и большой массе светильников проводка не провисала слишком сильно.

При очень больших пролетах применяют продольную подвеску на двух несущих тросах (рис. 4.20, в), где основной трос 1 на определенных расстояниях крепят к верхнему разгрузочному тросу 7.

Монтаж начинают с временной натяжки троса на высоте 1,3... 1,5 м. В качестве несущего используют стальной трос диаметром 3...6,5 мм, стальную оцинкованную или окрашенную горячекатаную проволоку (катанку) диаметром 5...8 мм или стальные неизолированные провода марок ПСО, ПС или ПМС (если трос используется в качестве нулевого провода). Для подвески троса на его концах делают петли (рис. 4.21) с помощью так называемого коуша 2 и пласечных зажимов 1. В случае применения катанки петли делают закручиванием конца проволоки спиралью на длине 60... 80 мм. К концам несущего троса приваривают флажки для подключения заземляющих проводников. После этого заготавливают отрезки проводов или кабелей нужной длины и крепят их к тросу полосками с пряжками, перфорированной лентой с кнопками, с помощью клиц или другими методами. Расстояние между точками крепления такое же, как и при монтаже открытых электропроводок.

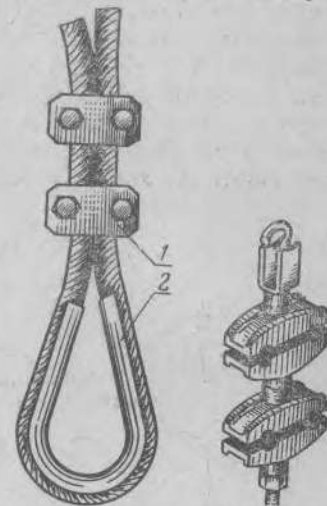


Рис. 4.21. Крепежные детали для тросовой проводки

Рис. 4.22. Клицы для тросовой проводки

На тросах можно прокладывать провода АПР, АПРВ и АПВ любых сечений и кабели АВРГ, АВВГ, АНРГ, АСРГ и АПВГ сечением до 16 мм<sup>2</sup>, а также лотки, короба, стальные трубопроводы и силовые кабели. Часто тросовые проводки выполняются незащищенными проводами на изоляторах и клицах (рис. 4.22). Далее устанавливаются соединительные и ответвительные коробки, которые крепятся к несущему тросу на проволочных подвесках или металлических пластинках. Если тросовая проводка используется для освещения, то к тросу подвешивают арматуры (без стекол и ламп) и подключают их к магистрали через ответвительные коробки.

По окончании заготовительных работ готовую проводку (если она выполнялась в МЭЗ) сматывают на кассеты, привязывают маркировочные бирки и доставляют к месту монтажа.

Наиболее надежный способ крепления тросовой проводки — это применение сквозных анкерных болтов, которые пропускают сквозь стены и затягивают гайками с квадратными шайбами (рис. 4.23, а). Также надежны тросовые анкерные зажимы (рис. 4.23, б). Промежуточные крепления несущих тросов и оттяжек выполняют при помощи анкерных конструкций, которые могут вматываться в стены, привариваться к металлическим элементам

зданий или пристреливаться. Для дополнительного натяжения троса после его монтажа применяют натяжные муфты (рис. 4.23, в). Если длина троса не превышает 10...15 м, можно подтянуть его, наворачивая гайку на сквозной анкерный болт.

После монтажа элементы тросовой проводки (тросы, оттяжки, подвески, анкерные болты и др.) окрашивают (если они не оцинко-

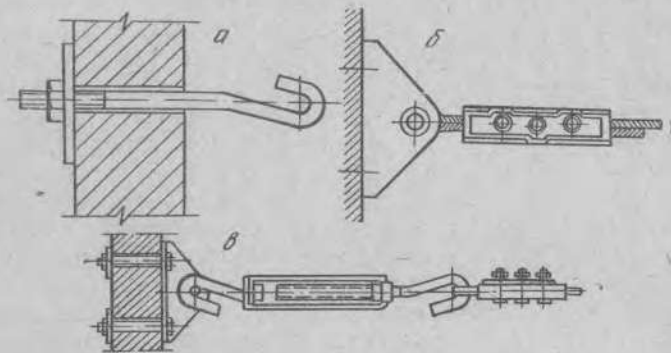


Рис. 4.23. Детали для крепления троса:

а — сквозной болт с крюком, б — тросовый анкер с зажимом, в — натяжная муфта

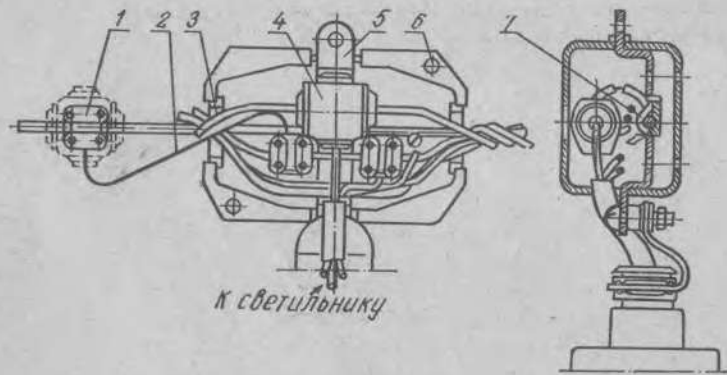


Рис. 4.24. Установка коробки У245

ваны). Все металлические детали проводки надежно присоединяют к несущему тросу, который на концах заземляется. Для заземления троса используется гибкий медный проводник сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup> или стальной диаметром 5 мм, присоединенный к флажкам. Проводку соединяют с питающими линиями при помощи соединительных коробок, установленных на стене вблизи места подвески троса.

Наиболее совершенными и экономичными являются тросовые проводки с применением проводов на несущем тросе АРТ, АВТ, АВТС и специальных ответвительных коробок У245. Для монтажа

провода отмеряют и отрезают куски нужной длины и на его несущем тросе делают петли с помощью коушей и зажимов. В местах подвески светильников на трос крепят ответвительные коробки. Такая коробка состоит из двух половинок, соединенных винтами, благодаря чему ее легко можно установить на проводе в любом месте без протяжки. Ее монтируют на тросе следующим образом (рис. 4.24): отворачивают стягивающие винты 6 и снимают обе половинки корпуса. Трос высвобождают из-под жил, закладывают под скобу 7 и прочно крепят к планке 5 винтами. Затем снимают изоляцию с токоведущих жил и с помощью сжимов 4 присоединяют к ним отведения на светильник. К зажиму, установленному на нулевой жиле, из коробки подводится гибкая перемычка 2 и с помощью сжима 1 соединяется с несущим тросом. Эта перемычка служит для заземления металлических частей коробки и светильника. После того как выполнены все соединения, обе половинки корпуса устанавливаются на место и стягиваются винтами, причем в место ввода провода в коробку закладывают разрезные пластмассовые втулки 3. К нижнему отверстию планки подвешивают светильник, а верхнее используют для крепления коробки на вертикальной подвеске, если это необходимо для обеспечения нужной стрелы провеса провода.

#### 4.7. Техника безопасности при монтаже открытых электрических проводов

##### А. Работы на высоте

К работам на высоте относят работы, при выполнении которых работающий находится на высоте выше 1 м от поверхности пола, грунта, перекрытия или рабочего настила.

Работы на высоте разрешается выполнять с приставных лестниц и стремянок длиной не более 5 м, с подмостей, лесов и площадок мостовых кранов, имеющих ограждение высотой не менее 1 м, а также с люлек, подъемников и телескопических вышек.

При производстве работ в несколько ярусов по одной вертикали между местами работ должны быть установлены предохранительные настилы.

Для переноски и хранения инструмента и мелких деталей лица, работающие на высоте, должны иметь сумки.

Запрещается работать на незакрепленных конструкциях и перелезать через ограждения.

Запрещается бросать какие-либо предметы работающему наверху. Предмет, который нужно подать наверх, привязывают к середине веревки, один конец которой держит в руках работающий наверху, а другой — рабочий, находящийся внизу.

##### Б. Верхолазные работы

Верхолазными считают все работы, которые выполняются с элементов конструкций или временных монтажных приспособлений,



находящихся на высоте более 5 м от поверхности грунта, перекрытия или рабочего настила.

К верхолазным работам допускаются лица, имеющие квалификацию не ниже третьего разряда, не моложе 18 и не старше 60 лет, прошедшие необходимую тренировку и специальный медицинский осмотр.

Основным средством, предохраняющим от падения с высоты во время работы и передвижения, является предохранительный пояс из негигроскопичного и нерастягивающегося материала. Ширина его должна быть не менее 100 мм, длина — 900...1000 мм. Для затягивания пояса служат ремни с пряжками. На поясе укреплены три ушка (или кольца) для закрепления стропы пояса, карабина стропы и страхующего каната. Стропа пояса, предназначенная для захватывания за опоры или конструкции, изготавливается из ремня, цепи или капронового фала и наглухо прикрепляется к правому ушку. К другому концу стропы крепится карабин, который кроме замка с пружиной должен иметь дополнительную защелку для предотвращения самопроизвольного раскрытия замка.

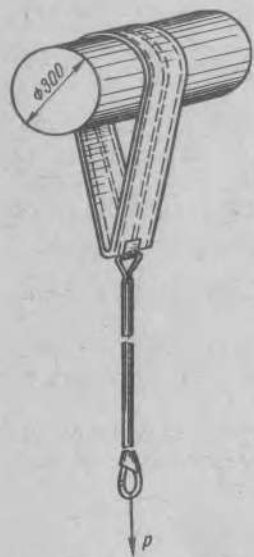


Рис. 4.25. Испытание предохранительного пояса

Предохранительные пояса испытывают на механическую прочность после изготовления и периодически через каждые 6 месяцев статической нагрузкой. Для этого пояс закрепляют на жесткой опоре диаметром 300 мм (рис. 4.25) и к карабину на 5 мин подвешивают груз массой 2,94 кН (300 кг) — для новых поясов или 2,2 кН (225 кг) — для поясов, находящихся в эксплуатации. Так же испытывают ушки для застегивания карабина и для крепления страхующего каната (поочередно). После испытаний на поясе и его деталях не должно быть признаков повреждений. Дата последующего испытания, а также номер пояса выбиваются на его металлических частях.

Перед началом верхолазной работы рабочий должен ознакомиться с ее характером, способами подхода к рабочему месту, осмотреть предохранительный пояс, обратив особое внимание на дату испытания.

### В. Лестницы и стремянки

Лестницы и стремянки должны иметь инвентарный номер, зарегистрированный в журнале учета и испытания такелажа.

Ступени (перекладки) деревянных приставных лестниц должны быть врезаны в тетивы, которые через каждые 2 м следует скреплять стяжными болтами.

Нижние концы лестниц должны иметь опоры в виде острых шипов или резиновых наконечников (в зависимости от материала и состояния пола).

После изготовления и через каждые 6 месяцев лестницу испытывают статической нагрузкой 1,96 кН (200 кг), приложенной к одной из ступеней в середине пролета. Во время испытания лестница должна быть установлена под углом 75° к горизонтальной плоскости (нормальное рабочее положение).

Раздвижные лестницы-стремянки должны иметь устройства, исключающие их самопроизвольный сдвиг.

Места установки лестниц на участках движения транспорта и людей следует ограждать или охранять.

Запрещается сбивать несколько лестниц с целью их удлинения.

Запрещается работать с приставных лестниц, установленных на случайных предметах (других лестницах, ящиках, бочках, кирпичах и т. д.), а также стоять под лестницей, с которой производится работа.

Стоя на лестнице, нельзя:

а) работать около и над вращающимися или движущимися механизмами;

б) работать вблизи токопроводящих частей, находящихся под напряжением и незащищенных от случайного прикосновения к ним;

в) производить электрическую сварку, работать электрифицированным и пневматическим инструментом, натягивать провода или тросы сечением более 4 мм<sup>2</sup>.

### Г. Леса и подмости

Леса и подмости должны быть инвентарными, изготавливаться по типовым проектам и иметь паспорт предприятия изготовителя.

Настилы на лесах и подмостях должны выполняться из досок толщиной не менее 40 мм с зазорами не более 10 мм.

Настилы лесов и подмостей, расположенные выше 1 м от уровня земли или перекрытия, должны быть ограждены перилами высотой не менее 1 м, состоящими из поручня, одного промежуточного горизонтального элемента и бортовой доски высотой не менее 150 мм. Поручни к опорным столбикам прибивают изнутри.

### Д. Работы с мостовых кранов

Допуск к работе на действующих кранах должен производиться после принятия мер для безопасного ведения работы, а также после инструктажа электромонтажников и крановщиков. Допуск оформляется нарядом.

Подмости, вышки и люльки при передвижении крана должны свободно проходить мимо элементов здания (ферм, колонн) на расстоянии не менее 100 мм.

До начала передвижения крана все рабочие должны перейти

с установленных на нем вышек, подмостей и т. д. на безопасные места на мосту.

При монтаже с кранов осветительных сетей, силовых магистралей и цеховых троллеев открытые токопроводящие части, находящиеся под напряжением, следует оградить.

Поднимать на кран или спускать с него грузы только подъемными механизмами или приспособлениями. Подниматься с грузом на кран по приставной лестнице запрещается.

Груз, поднятый вверх, необходимо складывать так, чтобы исключалось его падение вниз. Для этого места складирования оборудуют деревянными настилами. Проходы всегда должны быть свободными.

Подмости и вышки, временно установленные на мосту крана для монтажа осветительных сетей, должны иметь перила, бортовые доски и должны быть закреплены так, чтобы падение их при передвижении крана исключалось.

### *Е. Погрузочно-разгрузочные работы*

Предельная норма переноски грузов вручную по ровной и горизонтальной поверхности не должна превышать: для подростков женского пола 16...18 лет — 98 Н (10 кг); для подростков мужского пола 16...18 лет — 157 Н (16 кг); для женщин старше 18 лет — 196 Н (20 кг); для мужчин старше 18 лет — 490 Н (50 кг).

Подростки допускаются к переноске тяжестей при условии, что эти операции связаны с их основной работой и занимают не более 1/3 их рабочего времени.

Перемещение грузов массой более 490 Н (50 кг), а также подъем грузов на высоту более 3 м должен производиться только механизированным способом.

### *Ж. Электрифицированный и пневматический инструмент*

К работе с электрифицированным и пневматическим инструментом допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие специальное обучение, сдавшие соответствующие экзамены и имеющие запись об этом в удостоверении по технике безопасности.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных установках напряжение электроинструмента не должно превышать 42 В. В особо опасных помещениях работа этим инструментом разрешается только с применением защитных средств (перчаток, ковриков и др.).

В помещениях без повышенной опасности, а также вне помещений при отсутствии дождя, снегопада, влажной земли допускается применять электроинструменты напряжением 127 и 220 В (с обязательным использованием перчаток, галош или ковриков).

Корпуса электроинструментов напряжением выше 42 В должны быть заземлены (за исключением инструментов с двойной изоляцией).

При использовании электроинструмента с заземляемым корпусом штепсельная розетка должна быть снабжена специальным контактом для присоединения заземляющего проводника. Розетки и вилки на 12 и 42 В по конструкции и окраске должны отличаться от штепсельных соединений на напряжения 110, 127 и 220 В.

Перед началом работы следует проверить исправность заземления, выключателя и механической части инструмента, состояние проводов (целостность изоляции, отсутствие изломов жил).

Для присоединения к сети следует применять шланговый провод марки ШРПС или провода ПРГ и ПВГ, заключенные в резиновый шланг. Оболочки шлангов должны быть заведены в корпус инструмента и прочно закреплены.

Заземляющие проводники для переносных инструментов должны быть заключены в общую оболочку с рабочими проводами.

Запрещается применение ручных переносных ламп напряжением выше 42 В в помещениях с повышенной опасностью и выше 12 В в особо опасных помещениях.

При использовании электроинструмента запрещается передавать его другим лицам, разбирать, производить ремонт его частей (проводов, штепсельных соединений и т. д.), касаться вращающегося режущего инструмента, удалять руками стружку или опилки до полной остановки вращающихся частей.

Запрещается работать в одежде со свободно свисающими манжетами и хлястиками.

До начала работы с пневматическим инструментом следует проверить его исправность, качество соединения шлангов ниппелями и на штуцерах.

Работающие с пневматическим инструментом должны иметь мягкие рукавицы с двойной прокладкой со стороны ладони.

Запрещается переламывать или завязывать узлом шланги с целью прекращения подачи воздуха, присоединять или разъединять шланги, находящиеся под давлением, натягивать, перегибать и перепутывать шланги.

Запрещается использовать собственную массу тела для увеличения давления на инструмент.

### *З. Монтаж электропроводок*

Выполнять монтажные работы под напряжением категорически запрещается.

Перед началом работы следует привести в порядок рабочую одежду — застегнуть или завязать обшлага рукавов, надеть головной убор и заправить под него волосы; осмотреть и привести в порядок рабочее место, убрать предметы, мешающие работе; проверить исправность рабочего инструмента и расположить его в удобном для работы порядке.

При пробивных работах следует применять защитные очки с обычным стеклом, стеклом «триплекс» или сетчатые очки без стекол.

Работу по пробивке отверстий и проемов необходимо производить в рукавицах инструментом, длина которого на 200 мм превышает толщину стены.

Пробивку сквозных отверстий следует вести с лесов и подмостей, а не с лестниц и стремянок.

Перед установкой групповых щитков и аппаратов необходимо проверить надежность крепления всех конструкций. Поднимать и поддерживать вручную конструкции, аппараты, трубные заготовки разрешается только при массе их не более 98 Н (10 кг).

Установку аппаратов массой более 196 Н (20 кг) должны производить не менее чем двое рабочих.

Монтер, подающий при затяжке в трубы провод или кабель, должен работать с особой осторожностью, остерегаясь затягивания в трубу руки вместе с проводом. Поддерживать кабель или провод можно на расстоянии не менее 300 мм от края трубы.

Устанавливать приставные лестницы к тросовой проводке разрешается при диаметре троса не менее 8 мм. При этом лестницу, снабженную на верхних концах захватывающими крючьями, следует устанавливать под углом 85° к полу. Устанавливать лестницу к проводам с несущим тросом АРТ, АВТ и АВТС запрещается.

Прокладывать провода и кабели можно после того, как лотки и короба будут окончательно закреплены, а трубы, проложенные в бороздах — забетонированы или заштукатурены.

Выпрямление проводов, катанки, металлических полос производится с помощью лебедок и других приспособлений и только на огражденных площадках, находящихся вдали от неизолированных токопроводящих частей, сетей и линий.

#### 4.8. Монтаж скрытых проводок плоскими проводами

Скрытую несменяемую проводку плоскими проводами монтируют в сухих, влажных, жарких, пыльных и пожароопасных помещениях под штукатуркой.

Места установки выключателей и розеток для скрытой проводки размечают так же, как и для открытой. Размечают места установки соединительных и ответвительных коробок, шнуром отбивают трассы будущей проводки. По потолку провода можно прокладывать в любом кратчайшем направлении, а спуски к выключателям и розеткам должны быть вертикальными.

После разметки заготавливают борозды для закладки проводов, высверливают гнезда для коробок и отверстия для проходов. Эти операции выполняют электросверлилками с коронками или сверлами, электромагнитобурами, перфораторами и механизмами типа МВБ. Ширина борозды должна быть такой, чтобы плоский провод свободно укладывался в нее, а в случае параллельной прокладки нескольких проводов ширина должна позволять укладку проводов рядом (с зазором 3...5 мм). В местах пересечений трасс борозду делают глубже, чтобы между пересекающимися проводами можно было проложить листовой асбест или сделать намет из алебаstra.

Во всех случаях глубина борозды должна быть такой, чтобы толщина слоя штукатурки над проводом была не менее 10 мм. Если провод нужно проложить по деревянной стене, которая затем будет оштукатурена, предварительно по ней прокладывают полосу из листового асбеста толщиной не менее 3 мм или делают намет мокрой штукатурки толщиной 5 мм. Штукатурка или асбест должны выступать на 10 мм с каждой стороны провода. В потолках, выполненных из пустотелых железобетонных блоков, провода, как правило, прокладывают в их каналах, поэтому при заготовке в панелях перекрытия пиротехническими колонками УК-2М пробивают отверстия в местах подвески светильников и выхода проводов со стены на потолок.

После выполнения заготовительных работ в борозды закладывают провода и примораживают их алебастром, а после затвердевания оштукатуренных стен в гнезда алебастром вмазывают коробки так, чтобы их край был заподлицо со стеной. Далее в коробках делают все необходимые соединения и ответвления проводов, устанавливают крюки для подвески светильников и закрывают отверстия в перекрытиях потолочными розетками типа РП. Одновременно в металлических коробках устанавливают выключатели и розетки. Выполнение некоторых узлов скрытых проводок плоскими проводами показано на рис. 4.26.

Для ускорения монтажа проводки и снижения стоимости работ соединение и ответвление проводов выполняют непосредственно в гнезде без установки коробок. После надежной изоляции соединений гнездо закрывают специальной металлической или пластмассовой крышкой. Соединения и ответвления проводов скрытой проводки выполняют также в коробках, установленных открыто на стене.

#### 4.9. Проводки в неметаллических трубах

Неметаллические или пластмассовые трубы скрыто прокладывают в сухих, влажных, сырых, особо сырых, пыльных помещениях, если температура окружающей среды в них не превышает 60 °С. При открытой прокладке пластмассовые трубы крепят так называемым подвижным креплением, допускающим их свободное перемещение при линейном расширении или сжатии от изменения температуры окружающей среды. Расстояние между точками подвижных креплений составляет от 500 мм (при диаметре трубы 20 мм) до 1500 мм (при диаметре трубы 63 мм).

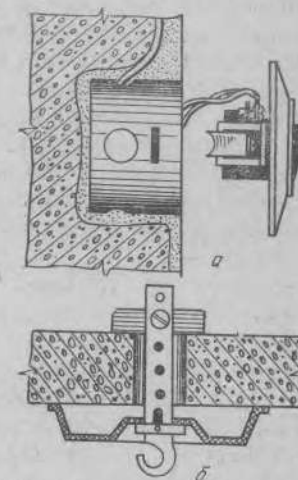


Рис. 4.26. Элементы скрытой проводки:  
а — установка выключателя, б — установка потолочной розетки

Очень важно соблюдение правил прокладки пластмассовых труб в полу. При пересечении двух трубных трасс между нижним и верхним рядом труб должен быть проложен слой бетона толщиной не менее 20 мм, верхний ряд труб должен быть замоноличен бетонным раствором на толщину слоя не менее 20 мм. Если эти требования выполнить невозможно, то на пластмассовые трубы в месте их пересечения надевают гильзы из стальных труб. Выход полиэтиленовых и полипропиленовых труб из полов или фундаментов производят отрезками тонкостенных труб, при выходе стены дополнительно устанавливают стальной короб или уголок на высоте до 1,5 м для защиты от механических повреждений.

Изгиб пластмассовых труб выполняют, предварительно подогрев их, а соединение — с помощью муфт и раструбов (винипластовые — с последующим склеиванием, а полиэтиленовые и полипропиленовые — со сваркой в муфтах или горячей обсадкой в раструбах).

При отрицательных температурах винипласт становится хрупким, поэтому обработку и монтаж труб из него можно вести только при температуре выше 0 °С.

Полиэтиленовые трубы имеют меньшую прочность, чем винипластовые, поэтому при обработке их не следует ударять, царапать, надрезать и нарезать на них резьбу, так как это снижает прочность полиэтилена (особенно на изгиб). В связи с этим полиэтиленовые трубы применяют только для скрытых проводок.

Полипропиленовые трубы во многом схожи с полиэтиленовыми, но имеют повышенную хрупкость при отрицательных температурах. Наиболее надежное соединение полипропиленовых труб (а также полиэтиленовых и винипластовых) дает сварка специальным нагревательным инструментом.

После монтажа трубопроводов производится их контрольный осмотр, продувка сжатым воздухом, затяжка проводов, соединение в коробках, установка и подключение аппаратуры и светильников.

#### 4.10. Монтаж беструбных сменяемых проводов

К новым прогрессивным методам строительства жилых домов относится возведение зданий из крупных железобетонных панелей, изготовленных на домостроительных комбинатах. На ДСК стеновые панели делают в специальных стальных кассетах. При этом, кроме стальной арматуры и закладных деталей, в кассету устанавливают каналобразующие стержни с надетыми на них поливинилхлоридными трубками, а также стальные конусные втулки, смазанные солидолом. Затем ее заполняют бетоном и отправляют на технологическую линию, где формируется стеновая панель. После затвердения бетона кассету разбирают и из панели извлекают каналобразователи и втулки. В результате готовая стеновая панель имеет каналы для затягивания проводов, а в месте, где были закреплены конусные втулки, — гнезда для установки коробок. Одновременно с изготовлением панелей в электроцехе некоторых ДСК

собирают участки проводки с выполнением всех необходимых соединений и ответвлений. Отдельные участки проводки маркируют, сворачивают в бухты и доставляют на монтажную площадку, где электромонтажникам остается лишь установить коробки, затянуть в каналы провода и соединить участки проводки между собой.

Кроме крупных железобетонных панелей, изготавливают готовые объемные блоки-комнаты, в которые входят общая комната, спальня, кухня с санитарным узлом и т. п. Блок-комнаты поступают на строительство с полной отделкой стен, потолков и пола и со смонтированными электротехническими приборами и проводкой. При сборке блоков между их стенами образуются пустоты, которые используют для прокладки электрических сетей здания.

#### 4.11. Электропроводки в чердачных помещениях

В чердачных помещениях применяют следующие виды проводок: открытую (в стальных трубах), скрытую (в стенах и перекрытиях из негорючих материалов), а также открытую на высоте не менее 2,5 м незащищенными изолированными одножильными проводами на роликах или изоляторах (в чердачных помещениях производственных зданий — только на изоляторах с расстоянием между точками крепления для роликов не более 600 мм, для изоляторов — не более 1000 мм, расстояние между осями — не менее 50 мм). Если провода прокладывают на высоте менее 2,5 м, они должны быть защищены от прикосновения и механических повреждений. Кабели и защищенные изолированные провода можно прокладывать на высоте и менее 2,5 м.

Согласно «Правилам устройства электроустановок», открытые проводки на чердаках должны выполняться только медными проводами или кабелями. Прокладка проводов и кабелей с алюминиевыми жилами допускается только в стальных трубах в зданиях с негорючими перекрытиями.

Ответвления от линий, проложенных на чердаках, к электроприемникам, установленным вне чердаков, допускаются только в стальных трубах или скрыто в негорючих стенах. При этом соединительные и ответвительные коробки должны быть металлическими. Выключатели, от которых питаются светильники на чердаке, должны быть установлены вне его.

#### 4.12. Прозвонка проводов и схемы распайки коробок

Нахождение соответствующих жил проводов и кабелей для их соединения между собой и для присоединения к зажимам аппаратов и приборов называют прозвонкой. Эта операция проводится после окончания прокладки проводов и кабелей, установки выключателей, светильников и розеток.

Для ознакомления со способами и порядком выполнения прозвонки обратимся к схеме квартирной проводки (рис. 4.27). Фазный и нулевой провода от питающей магистрали введены в короб-

ку *Б*, из которой проложены два провода для подключения розетки *5*, и пять проводов в канале потолочного перекрытия (три — к люстре *4* и два — для подключения приборов в малой комнате). Кроме того, в коробку *Б* введены еще три провода от люстрового выключателя *6*. Всего к коробке *Б* подведено двенадцать проводов. В коробку *А* введено восемь проводов — фазный и нулевой от коробки *Б* и по два провода на светильник, выключатель и штепсельную розетку.

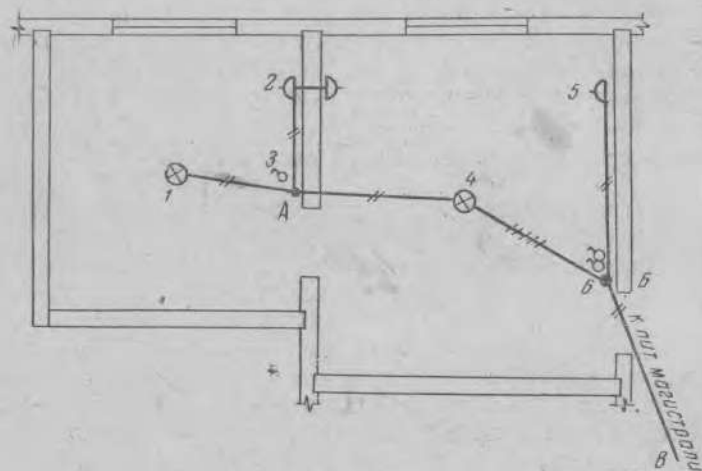


Рис. 4.27. Участок квартирной проводки

Для упрощения изобразим эту схему так, чтобы все участки проводки были представлены более наглядно (рис. 4.28). Для правильного соединения проводов в коробке *Б* нужно определить, какой из проводов на участке *В—Б* будет служить фазным, а какой — нулевым. Затем следует прозвонить провода на участках *Б—6* и *Б—4*. Участок *Б—5* прозванивать не нужно, так как для работы розетки совершенно безразлично, какой из ее контактов будет фазой, а какой — нулем. То же самое относится и к участку *Б—А*: в коробке *Б* эти провода можно произвольно подключить к фазе или нулю, а затем при прозвонке коробки *А* определить фазный и нулевой провода. Прозванивая коробку *А*, нужно найти лишь нулевой провод (для того, чтобы присоединить его к резьбовому контакту патрона) на участке *А—1* (участки *А—2* и *А—3* прозванивать не нужно).

Часто прозвонку проводов выполняют с помощью лампы напряжением 12 или 42 В (в зависимости от степени опасности помещения). Для получения такого напряжения используют понижающий трансформатор *Тр* (рис. 4.29), который подключают к сети 220 В. Прозвонка с помощью трансформатора и лампы основана на отыскании замкнутой цепи, при которой лампа загорается. Эту операцию можно начинать с любой коробки, предварительно убе-

дившись, что на всех участках схемы отсутствует напряжение и из патронов вывернуты лампы (если светильники подключены).

Для прозвонки и соединения проводов в коробке *Б*, имеющей более сложную схему, вначале определяют, какой из двух подходящих от питающей магистрали проводов (см. рис. 4.28) является фазным. Для этого один вывод трансформатора подключают к точке *Ф*, а другим выводом поочередно касаются проводов, введенных

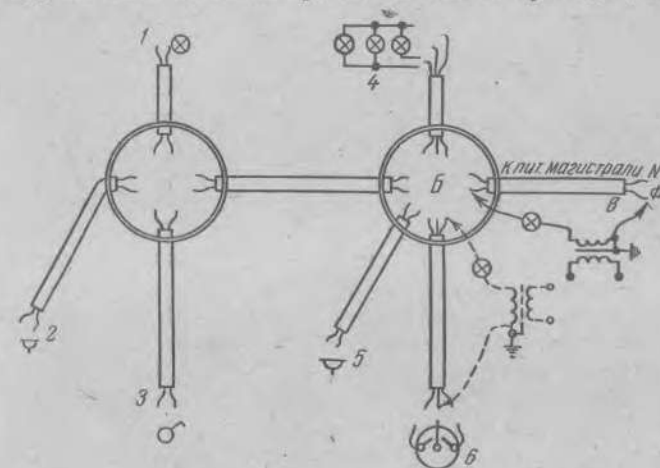


Рис. 4.28. Схема прозвонки проводов в коробках

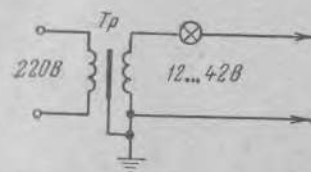


Рис. 4.29. Схема включения понижающего трансформатора для прозвонки проводов

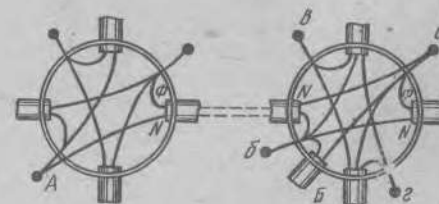


Рис. 4.30. Схема соединения проводов в коробках

в коробку. Провод, при прикосновении к которому лампа загорается, и будет фазным. Теперь к нему можно присоединить провод, идущий на розетку, и один из проводов, идущих на коробку *А*. В этот же узел *а* (рис. 4.30) присоединяют провод, подключенный к общему зажиму люстрового выключателя. (Он также находится прозвонкой.) Нулевой провод, идущий от магистрали, отыскивают в коробке *Б* так же, как и фазный, и присоединяют к нему второй провод розетки, второй провод, идущий в коробку *А*, и нулевой провод люстры (его находят прозвонкой). Все нулевые провода соединяют в узел *б*. Затем присоединяют холостые провода, при-

ходящие от люстрового выключателя, к проводам, питающим обе группы ламп люстры (узлы *в* и *г*). Аналогично прозванивают и соединяют провода в коробке *А*.

При прозвонке проводов описанным способом вместо лампы можно пользоваться вольтметром, рассчитанным на 12 или 36 В, парой телефонных трубок, мегомметром, омметром и др.

Проводку, выполненную на стенде, маркируют при изготовлении и прозвонке, и маркировки на монтаже она не требует.

#### 4.13. Монтаж светильников

Светильники в электроустановках размещают так, чтобы они создавали необходимый уровень освещенности, были удобны и безопасны при обслуживании и ремонте.

Их следует подвешивать в стороне от движущихся транспортеров и другого оборудования. На высоте более 5 м светильники размещают так, чтобы при их обслуживании можно было воспользоваться мостовыми кранами и другими передвижными устройствами (в ряде случаев для их монтажа устраивают электротехнические мостики). В наружных установках светильники подвешиваются над проезжей частью на тросах на высоте не менее 6,5 м.

Как правило, светильники для ламп накаливания и для люминесцентных ламп поступают с завода-изготовителя со всеми внутренними соединениями. Если же зарядка проводов в светильнике не сделана, ее следует выполнить с соблюдением следующих основных требований.

Для присоединения светильника к питающей сети применяют зажимные колодки или штепсельные разъемы, рассчитанные на подключение от сетевых проводов сечением до 4 мм<sup>2</sup>. Провода следует вводить в светильник так, чтобы они не испытывали механических усилий и в месте ввода не подвергались повреждениям. Если светильник с мощностью лампы 100 Вт и выше не имеет вводного зажима, то его заряжают медными гибкими проводами с теплостойкой изоляцией, проходящими внутри штанг, труб или кронштейнов (соединение проводов внутри трубной части подвеса не разрешается).

Очень важно правильно заземлить или занулить корпус светильника. Если при глухозаземленной нейтрали светильник питается по кабелю или по проводам, проложенным в трубе, то заземление выполняют ответвлением от нулевого рабочего провода внутри прибора. При изолированной или при глухозаземленной нейтрали провода и кабели вводят в светильник любым способом, заземляют его при помощи гибкого провода между заземляющим контактом на корпусе и нулевым рабочим или защитным проводом. Подсоединение выполняют на ближайшей к светильнику опоре или в ближайшей коробке.

В зависимости от конструкции светильники можно свободно подвешивать на крюке или крепить жестко. Жестким называют крепление, при котором светильник наворачивают на трубу или

патрубок кронштейна, на трубу, служащую для прокладки осветительной проводки, или крепят к ним специальным держателем. При установке светильника на трубчатых подвесах или стойках, а также при подвеске на крюке соединение подводящих к светильнику проводов выполняют в соединительной коробке, размещенной на конце подвеса, стойке или в головке кронштейна. Эти соединения делают с помощью люстровых зажимов КЛ-2,5.

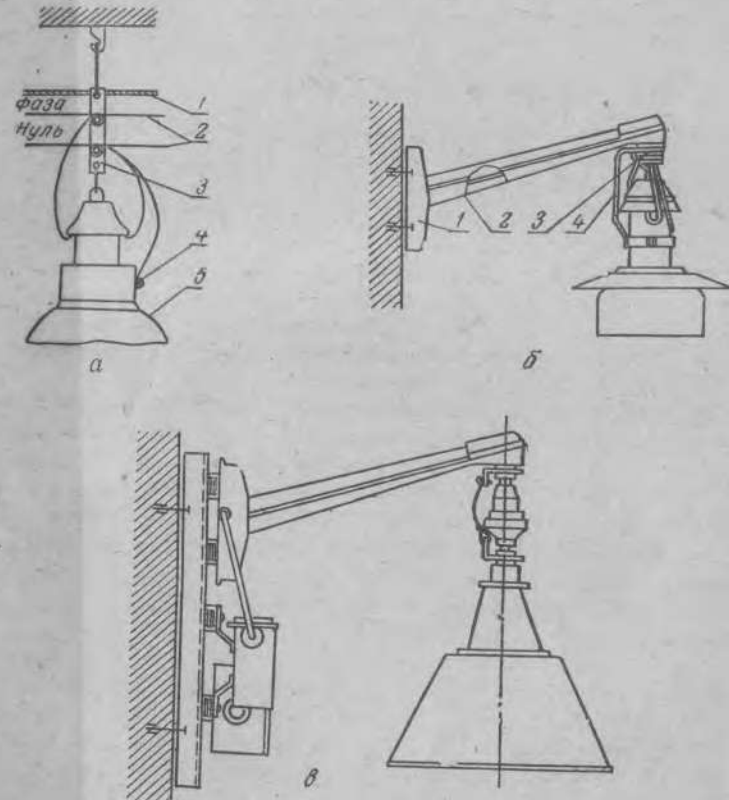


Рис. 4.31: Крепление светильников:  
*а* — при тросовой прокладке сети на роликах, *б* — на кронштейне, *в* — со штепсельным разъемом для ламп ДРЛ

При монтаже тросовой осветительной проводки (рис. 4.31, *а*) к тросу *1* крепят планку *3* с изолирующими опорами, к которым подводят провода *2* групповой сети. К планке подвешивают светильник *5*, заземленный с помощью заземляющего винта *4*.

При установке светильника на кронштейнах (рис. 4.31, *б*) кронштейн *2* крепят к стене капроновыми дюбелями и шурупами *1*. К держателю *3* на конце кронштейна подвешивают светильник. Для того чтобы последний не раскачивался, используют держатель жесткого крепления *4*. На кронштейне такого же типа подвешивают

вают светильник с лампой ДРЛ, при этом под кронштейном устанавливают пуско-регулирующее устройство для зажигания лампы.

Конструкции для крепления светильников массой до 980 Н (100 кг) и более 980 Н должны выдерживать нагрузку, равную соответственно пятикратной массе светильника и двукратной массе светильника плюс 785 Н (80 кг) в течение 10 мин. Если светильник крепят с помощью дюбелей, забиваемых строительным монтажным пистолетом, то каждую точку подвеса испытывают нагрузкой, равной тройной массе светильника плюс 785 Н (80 кг).

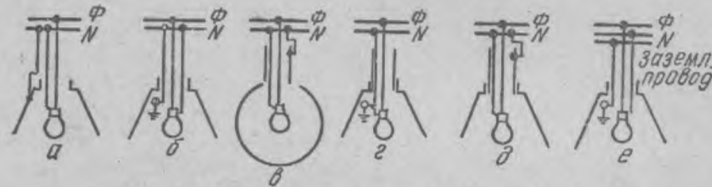


Рис. 4.32. Схемы заземления светильников:

а — с наружным винтом заземления, б — с внутренним винтом заземления, в — бытового, подвешенного на цепи или штанге, г — с внутренним винтом заземления, жестко закрепленного на трубе или кронштейне, д — то же, но наружным винтом заземления, е — во взрывоопасной зоне

Для заземления светильников применяют медные изолированные провода сечением не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  и алюминиевые сечением не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ , а также медные жилы кабелей сечением не менее  $1 \text{ мм}^2$  и алюминиевые — не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ . Схемы заземления светильников общего освещения в сетях с глухозаземленной нейтралью (рис. 4.32) зависят от их конструкции.

#### 4.14. Техника безопасности при монтаже скрытых электропроводок

При монтаже скрытых проводок должны полностью соблюдаться правила техники безопасности, относящиеся к выполнению открытых проводок, а также следующие специальные правила.

Проемы в стене, расположенные ниже 0,7 м от пола, должны иметь ограждение высотой не менее 1 м и бортовую доску высотой не менее 150 мм. Проемы, нижняя грань которых находится выше 0,7 м от пола, можно не ограждать.

Проемы в перекрытиях следует закрыть сплошным настилом или оградить прочными бортовыми досками по всему периметру.

Для получения напряжения 12 или 42 В при прозвонке проводов следует использовать двухобмоточные понижающие трансформаторы. Применение для этой цели автотрансформаторов запрещено.

В понижающем трансформаторе на 12 или 42 В должны быть надежно заземлены металлический кожух, магнитопровод и один конец вторичной обмотки (см. рис. 4.29).

Для прозвонки проводов и кабелей запрещается применять напряжение свыше 42 В.

#### 4.15. Общие сведения о соединении и оконцевании токопроводящих жил проводов и кабелей

Соединение и оконцевание токопроводящих жил проводов и кабелей — весьма ответственные операции, от правильного выполнения которых в большой мере зависит надежность работы электроустановок. Контактные соединения делятся на разъемные и неразъемные. Первые выполняют при помощи винтов, болтов, клиньев и сжимов, вторые осуществляют сваркой, пайкой и опрессовкой.

Для надежной работы контактное соединение должно:

иметь малое электрическое сопротивление, не превышающее сопротивления целого участка такой же длины. (Повышенное сопротивление контакта приводит к усиленному местному нагреву, что может вызвать разрушение соединения. Согласно нормам, допускается кратковременный нагрев жил при коротком замыкании до  $150^\circ\text{C}$  при резиновой и пластмассовой изоляции и до  $200^\circ\text{C}$  — при бумажной. Понятно, что контактное соединение должно выдерживать такие же температуры и, кроме того, надежно работать при многократных нагревах и охлаждениях.);

иметь высокую механическую прочность (особенно если соединение должно выдерживать значительные механические усилия — соединение шин, проводов воздушных линий и др.);

быть устойчивым к воздействиям едких паров и газов, изменению температуры и влажности, возможным вибрациям и сотрясениям, которые могут возникнуть при работе оборудования.

В электромонтажной практике используются медные и алюминиевые токопроводящие части. При монтаже соединений возможны пары «медь — медь», «алюминий — алюминий» и «медь — алюминий». У меди пленка окиси образуется медленно, мало влияет на качество контактного соединения и хорошо удаляется. Поэтому соединение медных токопроводящих частей обладает наилучшими электрическими и механическими свойствами. Алюминий тоже окисляется на воздухе, но у него пленка окиси образуется очень быстро, обладает большой твердостью и высоким электрическим сопротивлением. Кроме того, температура плавления этой пленки составляет около  $2000^\circ\text{C}$ , поэтому она препятствует пайке и сварке алюминиевых проводов обычными методами.

В соединении меди с алюминием образуется гальваническая пара, в результате чего соединение быстро разрушается электрохимической коррозией.

#### 4.16. Винтовые соединения

Основной вид контактного присоединения медных и алюминиевых жил малого сечения к электрическим машинам, аппаратам и приборам — винтовое соединение. Его применяют для проводов сечением до  $10 \text{ мм}^2$ .

Для присоединения медных жил малых сечений их изгибают в виде колечка, которое в случае многопроволочной жилы пропаивается. Несколько сложнее делают винтовые соединения алюминиевых жил. Дело в том, что алюминий под давлением начинает как бы «течь» в область с меньшим давлением. Поэтому, если алюминиевое соединение чрезмерно затянуть винтом, то с течением времени контактное соединение ослабнет, так как некоторая часть металла «вытечет» из-под шайбы. Особенно быстро происходит этот процесс при периодическом нагреве и охлаждении соединения. Для предотвращения этого явления винтовой зажим должен иметь устройство, предохраняющее алюминиевое колечко от раскручивания и компенсирующее ослабление контакта из-за текучести алюминия.

Для запирания колечка используют шайбу-звездочку или прямоугольную шайбу с бортиками, а для компенсации давления — пружинящие шайбы. Перед затяжкой винта контактные поверхности зачищают до блеска и смазывают кварцевазелиновой пастой.

#### 4.17. Соединение опрессовкой

При соединении опрессовкой концы соединяемых проводов вводят в соединительную гильзу (отрезок трубки из чистой меди или алюминия) и сдавливают специальным инструментом. Большое значение для качества соединения имеет чистота контактных поверхностей, поэтому при любом способе опрессовки с жил и гильз должны быть удалены грязь, остатки изоляции и окисные пленки. С медных проводов пленку окиси удаляют в процессе опрессовки, когда поверхность металла растягивается и «течет», поэтому никакой специальной обработки, кроме зачистки, для медных проводов не требуется. Что же касается алюминия, то для разрушения прочной пленки его окиси на зачищенные контактные поверхности наносят пасту, состоявшую

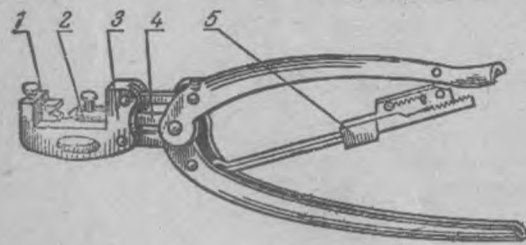


Рис. 4.33. Прессовочные клещи ПК-2М

из вазелина с добавкой твердых зерен кварцевого песка или окиси цинка. При опрессовке твердые частицы разрушают пленку, а вазелин препятствует повторному окислению контактов. Опрессовку алюминиевых проводов сечением до 10 мм<sup>2</sup> производят в гильзах типа ГАО (наружным диаметром до 9 мм) с помощью пресс-клещей ПК-2М (рис. 4.33). Они имеют рукоятки с фиксатором 5, ограничивающим степень вдавливания, одна из которых соединена с упорной скобой 3, а вторая — с толкателем 4. На скобе закреплена матрица 1, а на толкателе — пуансон 2 с зубом.



Рис. 4.34. Прессовочные клещи ПК-1М

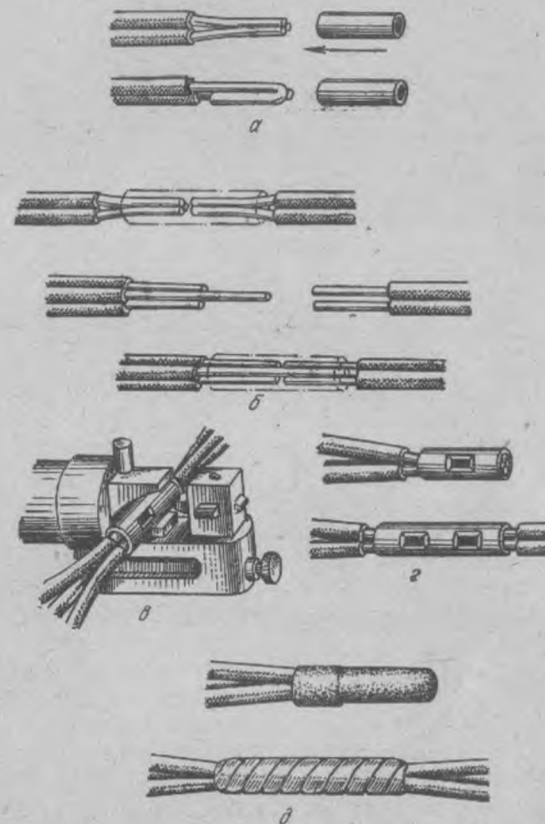


Рис. 4.35. Опрессовка проводов в гильзах ГАО: а — в укороченной гильзе, б — в удлиненной гильзе, в — установка гильзы в прессе, г — гильзы после опрессовки, д — изоляция гильзы

Пресс-клещи ПК-1М (рис. 4.34) за счет большой длины рукояток создают давление, достаточное для опрессовки гильз диаметром до 14 мм. В гидравлических монтажных клещах ГКМ рабочее движение толкателя с пуансоном происходит за счет давления в гидроцилиндре, которое возникает при нажатии рукоятки.

Технологический процесс опрессовки показан на рис. 4.35. Подготовка алюминиевых проводов к соединению заключается в их



зачистке и покрытии пастой. После этого на концы проводов надевают укороченную гильзу ГАО (при односторонней опрессовке, рис. 4.35, а) или удлиненную гильзу той же марки (при двухсторонней опрессовке, рис. 4.35, б) и делают одно или два вдавливания прессом или клещами (рис. 4.35, в, г). Пуансон вдавливают в гильзу до момента срабатывания фиксатора-ограничителя или до тех пор, пока пуансон не коснется матрицы (если пресс-клещи не имеют фиксатора). Опрессованное контактное соединение очи-

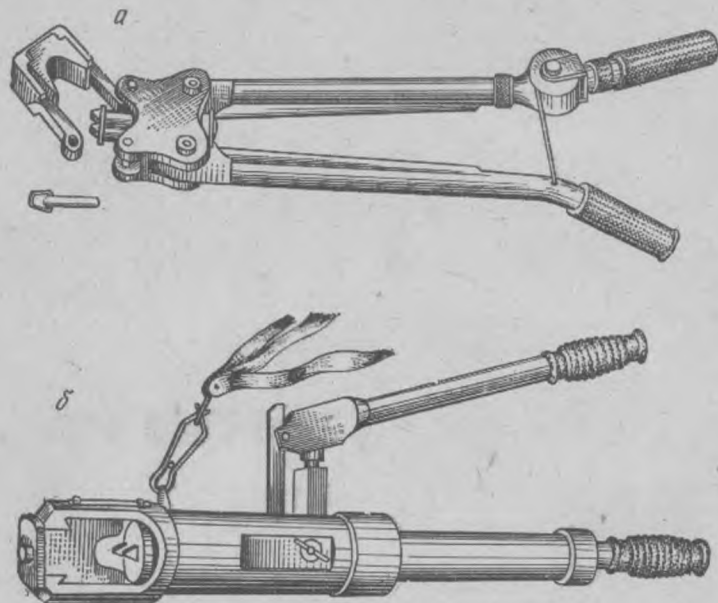


Рис. 4.36. Инструмент для опрессовки:  
а — механический пресс РМП-7М, б — гидравлический пресс РГП-7М

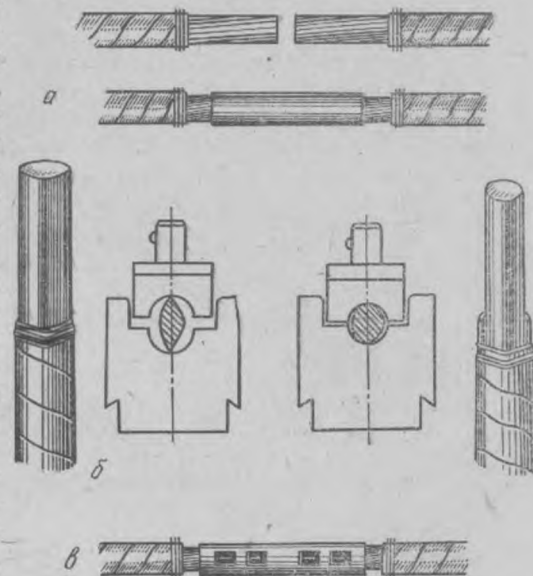
щают от остатков пасты и изолируют полиэтиленовыми колпачками или изоляционной лентой (рис. 4.35, д).

Для опрессовки алюминиевых проводов и жил кабелей сечением 16...240 мм<sup>2</sup> используют гильзы типа ГА. В качестве опрессовочного инструмента применяют прессы, позволяющие создать большие усилия вдавливания. На рис. 4.36 показаны *ручной механический пресс РМП-7М* и *ручной гидравлический пресс РГП-7М*. Первый из них работает по тому же принципу, что и пресс-клещи, работа второго аналогична действию гидравлических клещей ГКМ. Усилие вдавливания этих клещей до 69 кН (7 т).

Опрессовку проводов больших сечений проводят в следующем порядке. После удаления изоляции, очистки и обработки пастой провода вводят в гильзу так, чтобы стык жил находился в центре ее (рис. 4.37, а). Секторную жилу кабеля необходимо скруглить для того, чтобы она без больших зазоров укладывалась в гильзе.

Эту операцию на многопроволочных жилах выполняют универсальными плоскогубцами, а на однопроволочных — с помощью специальных обжимок, которые временно устанавливают для этой цели в пресс вместо матрицы и пуансона (рис. 4.37, б). Во время опрессовки на гильзе делают четыре вдавливания — по два на каждой половине (рис. 4.37, в). Для ускорения и повышения качества опрессовки можно использовать двухзубую матрицу, устанавливая ее в электрогидравлический пресс ПГЭП-2.

Опрессовка медных проводов производится таким же образом и теми же инструментами в гильзах марки ГМ. Медные многопроволочные жилы сечением до 2,5 мм<sup>2</sup> можно соединять опрессовкой без гильз (рис. 4.38). Зачищенные участки жил длиной 20...25 мм плотно прижимают друг к другу и обворачивают в несколько слоев медной или латунной лентой (фольгой) шириной 18...20 мм, тол-



4.37. Технология соединения жил опрессовкой:

а — подготовка жил, б — скругление жилы, в — гильза после опрессовки

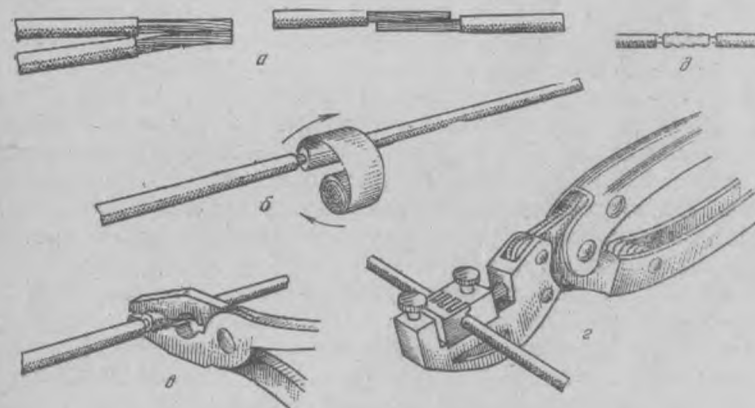


Рис. 4.38. Соединение медных жил сечением до 2,5 мм<sup>2</sup>:  
а — расположение жил, б — наложение медной или латунной ленты, в — уплотнение ленты, г — опрессовка, д — готовое соединение

щиной 0,2...0,3 мм. Затем в клещи ПК-2М устанавливают гребенчатую матрицу и пуансон, с помощью которых производится опрессовка.

#### 4.18. Соединение сваркой

Цельнометаллическое соединение жил и проводов можно получить при помощи сварки, в результате которой при расплавлении концов жил возникают прочные связи между атомами соединяемых металлов. Главные условия хорошего качества сварки проводов — применение флюсов и обработка соединения до и после сварки.

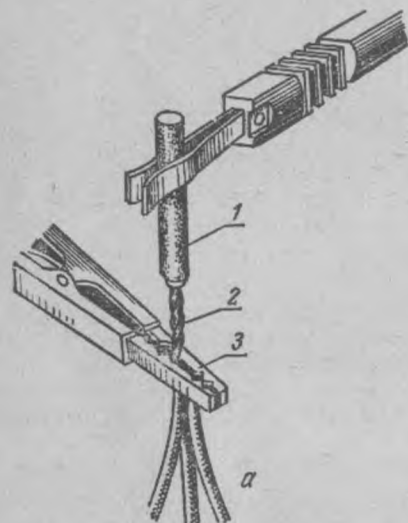


Рис. 4.39. Сварка жил сечением 2,5...10 мм<sup>2</sup>:

*а* — процесс сварки, *б* — вид алюминиевого соединения после сварки, *в* — подготовка к сварке алюминиевой и медной жил, *г* — вид соединения после сварки



Флюс ВАМИ представляет собой порошок из смеси хлористого калия, хлористого натрия, криолита (соединение натрия, алюминия и фтора). Перед началом сварочных работ из этого порошка изготавливают пасту (9,8 Н (1 кг) порошка и 0,3...0,4 л воды) в количестве, необходимом для работы в течение дня. Непосредственно перед сваркой флюс волосяной кисточкой наносят тонким слоем на жилы. В процессе сварки он быстро плавится, покрывая жидкой пленкой поверхность металла (чем защищает последний от окисления), а после охлаждения образует твердую корку шлака. Кроме флюса ВАМИ, иногда применяют алюминиевые флюсы марки АФ.

После сварки место соединения очищают проволочной щеткой от остатков флюса и шлаков и промывают бензином (применять воду для этой цели не разрешается), затем густо покрывают влагостойким лаком (глифталевым, асфальтовым, эмалевым) и обматывают 2...3 слоями изоляционной ленты с покрытием каждого слоя тем же лаком (обмотка должна перекрывать заводскую изоляцию провода).

Для соединения проводов можно использовать три вида сварки: контактную, газовую и термитную.

При *контактной* сварке алюминиевых жил 2 (рис. 4.39, *а*) сечением 2,5...10 мм<sup>2</sup> последние освобождают от изоляции на участке длиной 25...30 мм, зачищают до металлического блеска, скручивают вместе и покрывают тонким слоем флюса на участке длиной 5...6 мм от конца скрутки. Вертикально расположенную скрутку закрепляют в зажиме 3, к торцам жил прижимают угольный электрод 1. Под действием напряжения 9...12 В (подаётся от понижающего сварочного трансформатора мощностью примерно 0,5 кВА) в месте контакта торцов жил и угольного электрода выделяется большое количество тепла, алюминий расплавляется, образуя сварной шарик (рис. 4.39, *б*), обеспечивающий малое сопротивление контакта.

Температура плавления меди почти в два раза выше, чем алюминия. Поэтому перед сваркой алюминиевого и медного проводов вокруг медной жилы, зачищенной на участке длиной 50...60 мм, навивают алюминиевую жилу, зачищенную на участке длиной 25...30 мм (рис. 4.39, *в*). При сварке сначала плавится медный стержень, затем алюминиевый. Сварку продолжают до тех пор, пока выступающий конец медной жилы и 1...2 витка алюминиевой не расплавятся, образовав сварной шарик (рис. 4.39, *г*).

Контактную сварку многопроволочных алюминиевых жил сечением 16...240 мм<sup>2</sup> проводят в два этапа. Вначале сплавляют в общий монолитный стержень (рис. 4.40) отдельные проволоки жилы. Для этого на участке длиной 60...75 мм с жилы снимают изоляцию, плоскогубцами ослабляют скрутку проволок (секторным жилам придают круглую форму), жилу протирают бензином и наматывают на нее бандаж 3 из асбестового шнура на длине 5...6 мм. На жилу надевают стальную цилиндрическую форму 2, внутренние стенки которой предварительно покрывают тонким слоем мела или кокильной краски. На ней винтовым зажимом крепят охладитель 4, соединенный с зажимом сварочного трансформатора. Охладитель предназначен для подключения места сварки к трансформатору и для отвода тепла, которое, распространяясь по жиле, может привести к порче изоляции на большом участке провода. Второй зажим трансформатора соединен с электродержателем 1. Торцы жилы смазывают флюсом и плотно прижимают к нему угольный электрод. После появления очага расплавленного металла электрод медленно перемещают по форме, расплавляя все проволоки и перемешивая расплав. Для заполнения формы расплавленным металлом доверху в нее окунают алюминиевый присадочный пруток. После охлаждения жилы форму и охладитель снимают, жилу очи-

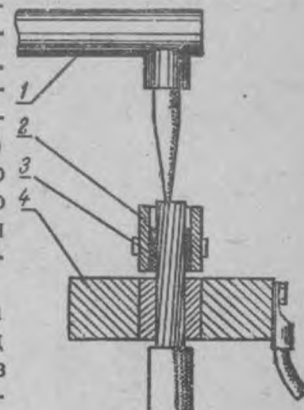


Рис. 4.40. Сварка многопроволочной жилы в монолитный стержень

шают от остатков флюса и шлака. Такую же операцию производят и со второй жилой.

Затем начинают второй этап сварки — соединение двух оплавленных жил (рис. 4.41). Оплавленные стержни 4 смазывают флюсом и укладывают в открытую желобчатую стальную форму 3, покрытую изнутри слоем мела (между торцами должен быть зазор, равный полудиаметру жилы). На голые участки обеих жил между асбестовым биндажом и торцом формы накладывают и закреп-

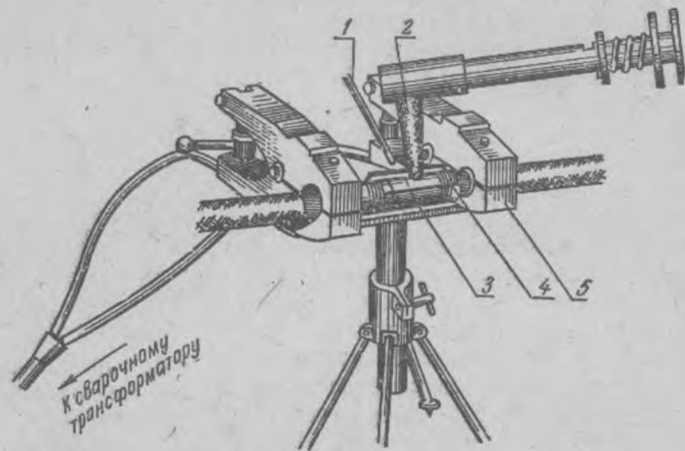


Рис. 4.41. Соединение жил сваркой в открытой форме

ляют охладители 5, соединенные с одним из зажимов сварочного трансформатора. После этого угольным электродом 2 оплавляют концы стержней. Когда на дне формы начинает скапливаться расплавленный металл, в него вводят присадочный пруток 1, расплавляя его до тех пор, пока зазор между торцами не будет заполнен. Если в процессе охлаждения в месте сварки появилась раковина, ее заполняют присадочным алюминием, предварительно оплавив края. Готовое соединение напильником очищают от шлака и флюса, придают ему круглую форму, затем покрывают лаком и изолируют.

Газовую сварку алюминиевых проводов проводят так же, как и контактную, отличие заключается лишь в источнике тепла и конструкции охладителей.

Соединение и ответвление алюминиевых жил проводят также способом термитной сварки. Термит — механическая смесь железной окалины, алюминиевого порошка и мелких частиц железа. Эту смесь спрессовывают, получая муфель, в который вставляют кокиль — сплошную или с продольной щелью стальную трубку. Муфель с кокилем (иногда и без него) образуют термитный патрон. При зажигании термитной спичкой муфель воспламеняется и горит с температурой 3500...4000 °С, которую используют для сварки.

Для термитной сварки алюминиевых жил сечением до 10 мм<sup>2</sup> используют термитные патроны АТО. Перед сваркой на участке длиной 30...35 мм с проводов снимают изоляцию, жилы зачищают до блеска и скручивают (рис. 4.42). На скрутку надевают термитный патрон 1 так, чтобы торцы жил располагались заподлицо с верхним краем кокиля 2. (Если кокиль на проводах сидит неплотно, скрутку следует ослабить или добавить в жилу несколько алюминиевых проволок.) При суммарном сечении проводов 26 мм<sup>2</sup>

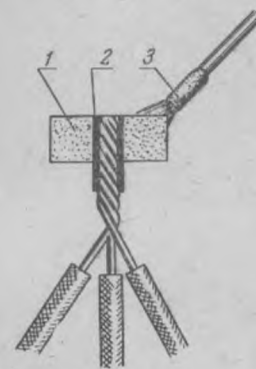


Рис. 4.42. Термитная сварка алюминиевых жил малого сечения

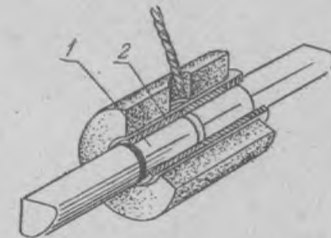


Рис. 4.43. Термитная сварка алюминиевых жил встык

и более торец скрутки покрывают флюсом ВАМИ. Затем устанавливают защиту изоляции проводов и поджигают муфель термитной спичкой 3. Когда алюминий в кокиле расплавится, его перемешивают стальной мешалкой для удаления пленки окиси. По окончании сварки обкалывают шлак сгоревшего муфеля, снимают кокиль и асбестовую подмотку, место сварки зачищают и изолируют. (Если при сварке применялся флюс, то перед изолированием соединение следует покрыть лаком.)

Соединение алюминиевых жил кабелей сечением 16 мм<sup>2</sup> термитной сваркой (рис. 4.43) производят встык, используя термитный патрон типа А, в котором кокильная гильза имеет продольную щель, а муфельная масса и кокиль — литниковое отверстие. Жилы кабеля подготавливают к сварке. Изоляцию снимают на участке длиной 50...120 мм, на торцы многопроволочных жил надевают колпачки 1 (на секторные однопроволочные жилы в этом случае надевают специальные втулки). Жилы с колпачками вводят в кокиль 2, а зазоры между кокилем и жилами уплотняют асбестом. Когда термит начинает гореть, в литниковое отверстие вводят присадочный пруток. В конце сварки мешалкой, помещенной в литниковое отверстие, делают несколько плавных круговых движений для выпуска газов и шлаков. После сварки скалывают остатки муфеля, концом отвертки расширяют щель между кромками кокиля и снимают его. Затем удаляют литниковый прилив и сглаживают все не-

ровности соединения. Обработку и изоляцию соединения выполняют по правилам монтажа соединительных кабельных муфт.

Соединение и ответвление алюминиевых жил общим сечением 50...240 мм<sup>2</sup> (рис. 4.44) выполняют термитными патронами АТ путем сплавления концов жил в общий монопольный стержень (сварка по торцам). До начала сварки с жил снимают изоляцию на участке длиной 60...75 мм, оголенные жилы складывают в общий пучок и временно стягивают проволоочным бандажом около края изоля-

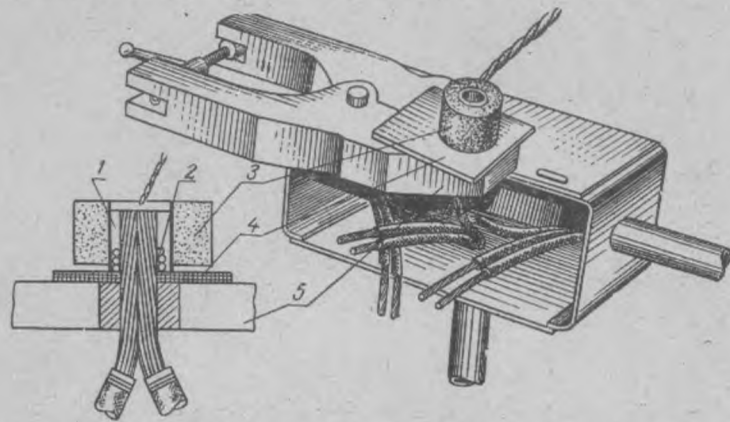


Рис. 4.44. Термитная сварка алюминиевых жил большого сечения

ции. Пучку придают круглую форму, смазывают флюсом и накрывают алюминиевым колпачком 1. На жилы, оконцованные колпачком, надевают термитный патрон 3 (нижний край кокиля должен быть ниже края колпачка на 7 мм), образовавшийся зазор уплотняют асбестовой набивкой 2. Затем снимают проволоочный бандаж и устанавливают охладитель 5, подобранный по сечению пучка. От патрона охладитель изолируют асбестовым экраном 4. Нижнюю часть муфеля поджигают термитной спичкой. В верхнюю часть кокиля сплавляют присадочный пруток, плавно перемешивая металл мешалкой. После окончания сварки удаляют остатки патрона, соединение зачищают и изолируют.

#### 4.19. Соединение пайкой

При паянии токопроводящих жил частицы расплавленного металла припоя проникают в нагретый металл жил, надежно соединяя их. Такое соединение может быть получено только при правильном выборе припоя и флюса и тщательной подготовке поверхностей спаиваемых жил. Преимущество ее перед сваркой в том, что она не требует расплавления жил, к недостаткам относится большой расход дорогостоящих припоев и флюсов.

Пайку медных жил сечением до 10 мм<sup>2</sup> производят следующим образом. После снятия изоляции жилы зачищают до блеска и скру-

чивают двойной скруткой так, как показано на рис. 4.45. При этом длина желобка 1 между рядом расположенными жилами должна быть не менее 20 мм для жил сечением до 4 мм<sup>2</sup> и не менее 30 мм для жил сечением 6 и 10 мм<sup>2</sup>. После скрутки удаляют остатки пленки окиси с помощью флюса (порошок канифоли или раствор канифоли в спирте). Соляную кислоту использовать в качестве флюса нельзя — она разрушает не только пленку окиси, но и основной металл. После выполнения всех предварительных операций скрут-

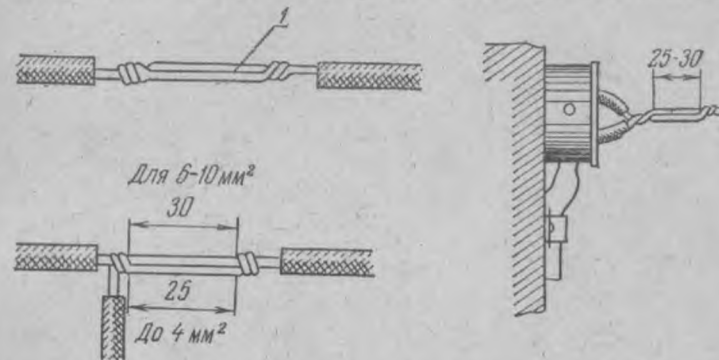


Рис. 4.45. Соединение проводов скруткой с последующей пайкой

ку нагревают до температуры плавления припоя (ПОС-30 или ПОС-40 — припой оловянисто-свинцовый с 30 или 40% олова) — около 250 °С.

Пайку медных проводов сечением 16...240 мм<sup>2</sup> выполняют в медных гильзах, имеющих отверстие на цилиндрической поверхности. После снятия изоляции, зачистки и обработки флюсом концы жил вводят с двух сторон в гильзу и уплотняют асбестовой подмоткой, препятствующей вытеканию припоя. На жилы надевают стальные экраны. Когда при нагреве температура гильзы достигнет нужной величины, в ее отверстие вводят пруток припоя и плавят его до полного заполнения гильзы.

Для пайки проводов больших сечений используют высокопроизводительный метод полива. Он заключается в том, что залуженные концы жил вводят в залуженную изнутри гильзу, а затем стальной ложкой в отверстие гильзы заливают припой, предварительно расплавленный в специальной кастрюле с газовым или электрическим подогревом.

Технология пайки алюминиевых проводов малых сечений такая же, как и медных сечением до 10 мм<sup>2</sup>, различие лишь в марках припоев и флюсов.

Для пайки алюминиевых проводов сечением до 10 мм<sup>2</sup> применяют флюсы ВАМИ или АФ и специальные припои (чаще всего припой марки А, состоящий из олова, цинка и меди).

Пайка многопроволочных алюминиевых проводов сечением 16...240 мм<sup>2</sup> требует предварительного облуживания всех проволок

жилы. Для этого освобожденный от изоляции конец провода разделяют так (рис. 4.46), чтобы центральная проволока и последующие повивы образовывали ступеньки длиной 10 мм, а последний, наружный повив — 40 мм. На край изоляции наматывают бандаж из асбестового шнура, жилу смазывают флюсом и нагревают до температуры плавления припоя. Затем пруток сильно натирают всю ступенчатую разделку, снимая окись пленки и покрывая

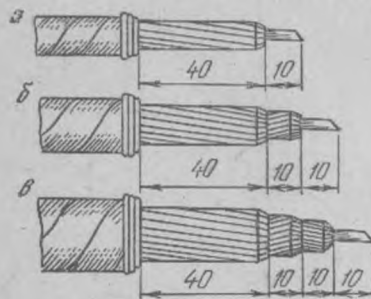


Рис. 4.46. Подготовка к пайке многопроволочных жил:

а — ступенчатая разделка многопроволочной жилы сечением 16—35 мм<sup>2</sup>, б — то же для жилы сечением 50...95 мм<sup>2</sup>, в — то же для жилы сечением 120...150 мм<sup>2</sup>

отверстие вводят пруток припоя, который, расплавляясь, заполняет форму до верха отверстия. Одновременно стальной мешалкой перемешивают припой и удаляют шлаки. После охлаждения экраны и обе половины муфты снимают, соединение покрывают лаком и изолируют.

Таким же образом можно соединять медные жилы с алюминиевыми, причем ступенчатую разделку медной жилы облуживают припоем ПОС-60, а алюминиевой — припоем А.

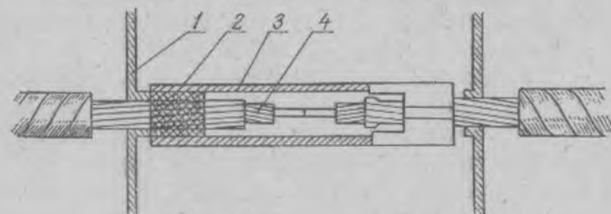


Рис. 4.47. Пайка многопроволочной жилы

#### 4.20. Оконцевание проводов и кабелей

Оконцеванием называют операцию, при которой концу токопроводящей жилы провода или кабеля придают форму, удобную для ее присоединения к зажиму аппарата.

Оконцевание однопроволочных проводов сечением до 10 мм<sup>2</sup> и

многопроволочных сечением до 2,5 мм<sup>2</sup> начинают со снятия изоляции на участке, длина которого зависит от диаметра винтового зажима. Затем жилу зачищают до металлического блеска и с помощью круглогубцев изгибают в колечко, диаметр которого должен соответствовать диаметру винта. Если провод имеет хлопчатобумажную оплетку, то перед изгибом на жилу надевают пластмассовый оконцеватель. Специальные бирки-оконцеватели надевают на все провода в случаях, когда требуется нанести на них маркировку согласно монтажной схеме. Многопроволочные медные жилы сечением до 2,5 мм<sup>2</sup> перед изгибанием в колечко облуживают, то же производят и с однопроволочными жилами, если оконцевание будет находиться во влажном помещении. Для проводов малых сечений часто применяют опрессовку кольцевыми наконечниками, которую выполняют пресс-клещами ПК-2М со специальной матрицей и пуансоном.

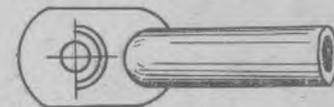


Рис. 4.48. Алюминиевый наконечник ТА для оконцевания опрессовкой

Однопроволочные провода и жилы кабелей сечением 16 мм<sup>2</sup> и более и многопроволочные сечением свыше 2,5 мм<sup>2</sup> для присоединения к аппаратам должны иметь наконечники. Наконечник (рис. 4.48) состоит из контактной части, предназначенной для крепления к аппарату, и трубчатой, в которую вводят провод, подлежащий оконцеванию. Наконечник крепят к жиле опрессовкой, сваркой или пайкой. Применяют наконечники марки Т (медные), ТА (алюминиевые), ТАМ (имеющие обмедненную контактную поверхность и алюминиевую трубчатую часть).

Опрессовка наконечников ничем не отличается от опрессовки проводов больших сечений. После нее производят подмотку изо-

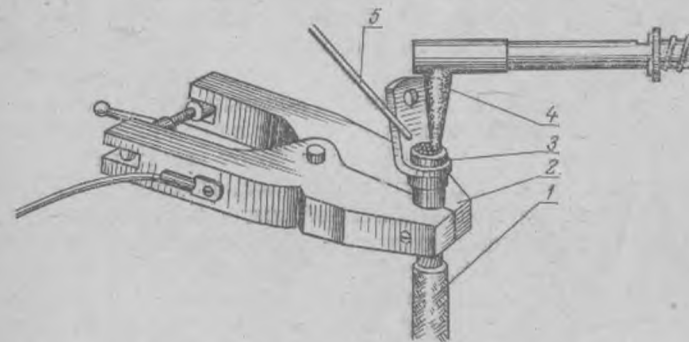


Рис. 4.49. Контактная сварка алюминиевой жилы и наконечника ЛА

ляционной лентой (подмотка должна захватывать изоляцию провода и трубчатую часть наконечника).

Оконцевание многопроволочных алюминиевых проводов сечением свыше 16 мм<sup>2</sup> (рис. 4.49) проводят методом контактной сварки с применением литых алюминиевых наконечников. Материалы,

оборудование и технология оконцевания такие же, как и при оплавлении многопроволочной алюминиевой жилы в монолитный стержень. На подготовленный конец жилы 1 надевают охладитель 2 и наконечник 3 таким образом, чтобы торец ее находился на половине длины верхнего выступа трубчатой части. Контактную часть наконечника прикрывают трубчатым экраном, а изоляцию провода защищают от обгорания и перегрева. С помощью угольного электрода 4 торцы проволоки расплавляют и в трубчатую часть вводят

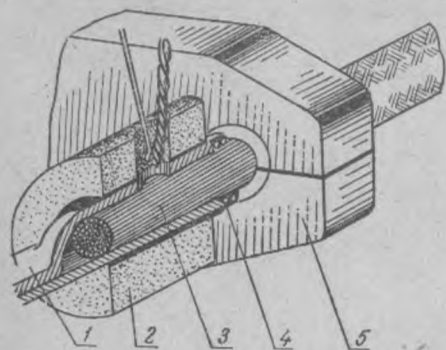


Рис. 4.50. Термитная сварка наконечника

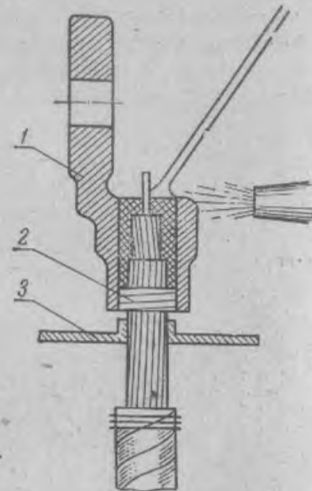


Рис. 4.51. Пайка наконечника

присадочный пруток 5. Когда верхний выступ трубчатой части заполняется, его оплавляют, придают ему сферическую форму, снимают шлак. После остывания удаляют остатки флюса и шлака, место сварки покрывают лаком и изолируют. Точно так же выполняют газовую сварку с той разницей, что на жилу дополнительно надевают экран для защиты изоляции провода от пламени горелки.

Для термитной сварки наконечников с алюминиевыми жилами сечением 16...240 мм<sup>2</sup> (рис. 4.50) применяют термитные патроны АН: Патрон 2 надевают на трубчатую часть наконечника 1. Наконечник закрепляют на подготовленной жиле 3 (провод размещен горизонтально). Установка охладителей 5, экранов, асбестовых уплотнений 4, обработка флюсом, поджигание термита и добавка присадочного прутка через литниково отверстие — все эти операции ведутся точно так же, как и при термитной сварке проводов.

Достаточно надежное оконцевание проводов дает и пайка. Пайка наконечников на многопроволочные алюминиевые жилы (рис. 4.51) во многом похожа на пайку соединений. На ступенчато разделанную, расположенную вертикально жилу надевают экран 3 и угловой наконечник 1, между которыми наматывают уплотняющую асбестовую подмотку 2. Сечение наконечника берется на одну ступень больше сечения жилы (например, для жилы сечением 35 мм<sup>2</sup> берут наконечник сечением 50 мм<sup>2</sup>) для того, чтобы в труб-

чатой части наконечника было достаточно места для заполнения припоем. Затем наконечник нагревают и заполняют трубчатую часть его припоем А или ЦО-12.

На алюминиевую жилу можно напаять и медный наконечник. Жилу облуживают вначале припоем А или ЦО-12, затем припоем ПОС-30, медный наконечник — припоем ПОС-30. После закрепления наконечника на жиле производят пайку оконцевания, место пайки покрывают влагостойким лаком и изолируют.

#### 4.21. Техника безопасности при соединении и оконцевании токопроводящих жил проводов и кабелей

##### А. Контактная сварка

К сварочным работам могут быть допущены рабочие не моложе 18 лет, имеющие квалификационную группу не ниже второй и обученные правилам безопасности при производстве сварочных работ.

Магнитопровод, металлический кожух и один конец вторичной обмотки понижающего сварочного трансформатора должны быть надежно заземлены.

Подвод тока от трансформатора к охладителям и электродержателям должен выполняться изолированными гибкими проводами в защитном шланге.

Для защиты глаз и кожи рук от искр и брызг горячего металла необходимо пользоваться защитными очками и брезентовыми рукавицами.

Провода, гильзы, наконечники, охладители и экраны должны быть закреплены таким образом, чтобы они не падали при движении угольного электрода и не проливался расплавленный металл.

Если в помещении производится большое количество сварочных работ, оно должно иметь приточно-вытяжную вентиляцию.

При работе сварщик должен занимать такое положение, чтобы вдыхание газов от расплавленного металла и флюса было минимальным.

Снятие охладителей, зачистка и изолирование места сварки разрешается только после полного охлаждения стыка или оконцевания.

Зачистка охладителей и электродов разрешается только при выключенном сварочном трансформаторе.

##### Б. Термитная сварка

К работам по термитной сварке допускаются рабочие, овладевшие этим способом сварки, выполняющие ее самостоятельно и знающие правила хранения термитных патронов и спичек.

Термитная сварка должна производиться в защитных очках с темными стеклами.

В процессе работы лицо сварщика должно находиться на расстоянии не менее 0,5 м от термитного патрона.

Сгоревший и остывший шлак следует отбивать в направлении от себя.

Несгоревшую термитную спичку можно бросать только в специально отведенное место, где не должно быть легковоспламеняющихся предметов.

Запасные термитные патроны должны находиться в рабочей сумке отдельно от спичек и других предметов.

Во избежание тяжелых ожогов запрещается трогать или поправлять рукой горячей или остывающий термитный патрон.

Запрещается перевозить термитные патроны и спички в транспорте общего пользования, в автомашинах с пассажирами, а также совместно с легковоспламеняющимися веществами.

### В. Газовая сварка

Все газовые баллоны должны иметь предохранительные колпаки, соответствующую окраску и отчетливые надписи, указывающие название заключенного в них газа.

Подготовленные к работе баллоны должны быть защищены от действия прямых солнечных лучей и установлены на специальных подставках в стороне от проходов, электрических проводов и нагретых предметов.

Остаточное давление в кислородном баллоне должно быть не менее 0,1...0,2 МПа (1...2 кгс/см<sup>2</sup>), а в пропан-бутановом — не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>).

Сварку следует выполнять в брезентовых рукавицах и предохранительных очках.

Попавшие на кожу капли пропан-бутана необходимо быстро смыть водой.

Запрещается использовать редукторы без манометров, с неисправными манометрами или с манометрами, у которых истек срок проверки.

Запрещается разводиться огонь, курить и выполнять сварку на расстоянии менее 10 м от баллонов.

Запрещается использовать шланги длиной более 40 м.

### Г. Пайка

К работе с паяльными лампами допускаются лица, прошедшие обучение и имеющие навыки работы с ними.

Резервуар лампы следует заполнять не более чем на  $\frac{3}{4}$  его емкости. Наливная пробка должна навинчиваться не менее чем на четыре нитки резьбы.

Спуск давления воздуха из резервуара лампы должен производиться только после того, как лампа потушена и ее горелка полностью охлаждена.

Применение паяльных ламп для работы в электроустановках допускается лишь в том случае, если расстояние от пламени до токопроводящих частей напряжением до 10 кВ составляет не менее 1,5 м.

Разогреть и переносить ковш с расплавленным припоем, заливать припой, а также паять любым методом необходимо в предохранительных очках и брезентовых рукавицах.

Расплавленный припой следует перемешивать чистой и сухой металлической ложкой.

Запрещается:

заполнять бензином керосиновые лампы;

применять бензиновые лампы с резервуаром емкостью более 0,5 л, а также использовать их при работе в закрытых или плохо проветриваемых помещениях;

разжигать лампу путем подачи горючего через горелку; накачивать лампу, затрачивая чрезмерные усилия; приближаться с ней к легковоспламеняющимся предметам; наливать или выливать горючее во время работы лампы; разбирать лампу вблизи огня;

разжигать лампы непосредственно под оборудованием, проводами и вблизи легковоспламеняющихся веществ.

- ?
1. Можно ли в помещениях выполнять проводку неизолированными проводами?
  2. Почему для крепления плоского провода к деревянной стене следует применять гвозди со строго определенным диаметром шляпки?
  3. В чем преимущества крепления элементов электрических проводов с помощью полимерных клеев?
  4. Почему монтажными правилами устанавливается минимальный радиус изгиба проводов и кабелей?
  5. При монтаже проводов ПРФ и АПРФ выполняется операция, которую не делают при прокладке любых других проводов и кабелей. В чем сущность этой операции и каким инструментом она выполняется?
  6. Как при монтаже стальных трубопроводов создают непрерывную цепь заземления?
  7. В чем преимущества прокладки проводов на лотках и в коробах?
  8. Почему монтаж тросовых проводов относится к самым индустриальным и производительным методам монтажа?
  9. В чем достоинства и недостатки скрытых проводов по сравнению с открытыми?
  10. Почему выполнение беструбной сменяемой скрытой проводки позволяет существенно ускорить монтаж электрооборудования жилого дома?
  11. В каких случаях возникает необходимость прозвонки жил проводов и кабелей?
  12. В практике монтеры часто пользуются методом прозвонки «на искру» с применением трансформатора 220/12 В без использования лампочек, вольтметров и других индикаторов. В чем, по-вашему, сущность этого метода?
  13. Перечислите основные требования к электрическому контакту и объясните их сущность.
  14. Почему в винтовом соединении алюминиевых жил необходимо использовать шайбы-звездочки, прямоугольные шайбы с бортиками и пружинные шайбы?
  15. Объясните сущность монтерской поговорки «горячий контакт всегда холодный, а холодный контакт — всегда горячий».
  16. В чем преимущества термитной сварки по сравнению с обычной электрической или газовой сваркой?

## Глава 5. УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

### 5.1. Общее устройство силовых кабелей

Для изготовления ж и л кабеля используют мягкие проволоки: медную марки ММ или алюминиевую марки АМ. Жилы кабеля могут иметь различную форму (рис. 5.1). Круглые жилы чаще всего бывают у одножильных кабелей любого сечения или у многожиль-

ных с сечением жил до 16 мм<sup>2</sup>. Для уменьшения наружного диаметра кабеля жилам с сечением 25 мм<sup>2</sup> и более придают секторную или сегментную форму. В последнее время выпускают кабели с комбинированными жилами сечением 120, 150 и 185 мм<sup>2</sup>, состоящими из сплошного алюминиевого сектора и одного слоя круглых алюминиевых проволок. Такая конструкция уменьшает количество пропиточного состава, заполняющего полости между отдельными проволоками и в то же время обеспечивает достаточную гибкость кабеля в целом.

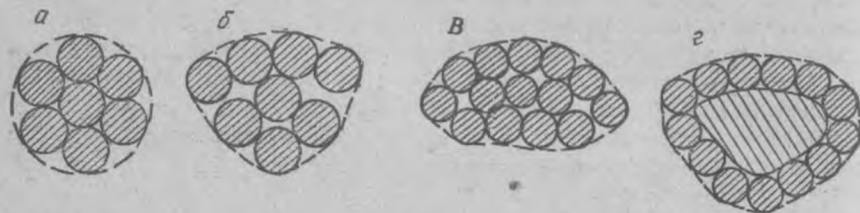


Рис. 5.1. Многопроволочные жилы кабелей:  
а — круглая, б — секторная, в — сегментная, г — комбинированная

Кабели могут иметь одну и более токопроводящих жил. Для изоляции их друг от друга и от металлических оболочек применяют пропитанную бумагу, резину или пластмассу.

Герметическая оболочка кабеля из свинца, алюминия, резины или поливинилхлорида служит для защиты изоляции кабеля от влаги.

Защитные покровы предохраняют герметическую оболочку кабеля от коррозии и механических повреждений. Кабель обычно имеет три защитных покрова — подушку, броню и наружный защитный слой.

**Подушка** предназначена для защиты герметической оболочки от воздействия химических веществ, находящихся в почве, и от электрохимической коррозии. Она, как правило, состоит из нескольких чередующихся слоев битума, кабельной бумаги и кабельной пряжи.

**Броня** служит для предохранения кабеля от возможных механических повреждений. Если кабель не подвергается растягивающим усилиям, ее выполняют из двух стальных лент толщиной 0,3...0,8 мм, в противном случае — из слоя стальных оцинкованных проволок, которые навивают на кабель с очень большим шагом навивки. Такая броня принимает на себя механические нагрузки, предохраняя изоляцию и герметическую оболочку от растяжения и возможного обрыва кабеля. Проволочную броню изготавливают из круглых проволок диаметром до 6 мм или из плоских толщиной 1,5...1,7 мм.

**Наружный защитный покров** кабеля толщиной около 2 мм предохраняет броню от коррозии. Негорючий покров выполнен из стеклянной пряжи, пропитанной негорючим составом, поверх которой кладется меловое покрытие, препятствующее слипанию витков

кабеля на барабане. Джутовый защитный покров представляет собой витки кабельной пряжи, пропитанной битумной смолой, поверх которой имеется меловое покрытие.

## 5.2. Конструкции и марки силовых кабелей

Кабель *СБ* (рис. 5.2, а) состоит из медных жил 1, изолированных друг от друга фазной бумажной изоляцией 2. Изолированные жилы покрыты поясной бумажной изоляцией 4 и заключены в свинцовую герметическую оболочку 5. Полости между жилами заполнены бумажными жгутами 3. На свинцовую оболочку наложена подушка 6, броня из двух стальных лент 7 и наружный защитный покров 8. Кабель *АСБ* устроен точно так же, но имеет алюминиевые жилы. Кабель с медными жилами и алюминиевой герметической оболочкой маркируют буквами АБ, с алюминиевыми жилами — ААБ.

Кабель *СК* (рис. 5.2, б) аналогичен кабелю *СБ*, но имеет броню из круглых стальных проволок. Если броня кабеля выполнена из плоских проволок, то его маркируют буквами СП. Кабели с проволочной броней и алюминиевыми жилами маркируют буквами АСК и АСП, а если у них вместо свинцовой имеется алюминиевая герметическая оболочка — буквами ААК или ААП.

В ряде случаев кабели не имеют защитных покровов и эта особенность их конструкции отражается в их марке. Так, если после обозначения оболочки стоит буква Г (голый), то это означает, что кабель лишен наружного защитного покрова. Например, кабель *СБГ* не имеет защитного покрова на броне, а у кабеля *АСГ* нет защитного покрова, брони и подушки.

Для прокладки в трубах используются кабели *СГТ* и *АСГТ* (рис. 5.2, в), имеющие медные или алюминиевые жилы 1 с фазной 2 и поясной 4 бумажной изоляцией. Между жилами уложены уплотняющие бумажные жгуты 3. Свинцовая герметическая оболочка 5 этих кабелей выполняется утолщенной, а для большей механической прочности и стойкости к вибрациям в свинец вводится 0,4...0,8% сурьмы.

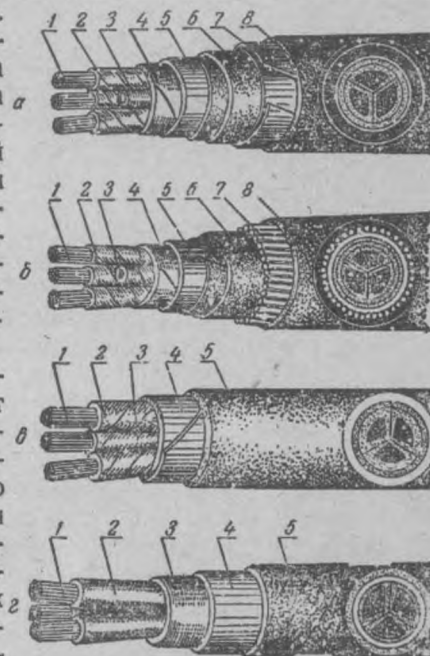


Рис. 5.2. Силовые кабели:  
а — СБ; б — СК; в — СГТ; г — АСРГ



В кабеле с резиновой изоляцией марки АСРБГ (рис. 5.2, г) алюминиевые жилы 1 покрыты резиновой изоляцией 2 и заключены в герметическую свинцовую оболочку 3. От коррозии оболочка защищена подушкой 4, поверх которой намотана броня 5 из двух стальных лент.

В настоящее время вместо магистральных шинопроводов для прокладки токовых магистралей часто используют кабель-токопровод. Кабель-токопровод марки АсВВ (рис. 5.3) состоит из алюминиевой жилы 1, разделенной для уменьшения поверхностного эффекта на четыре сектора. Каждый сектор заключен в пластмассовую изоляцию 2 толщиной 1,4 мм. Секторы жилы обмотаны тремя лентами 3 из миткаля и имеют оболочку из поливинилхлоридного пластика 4. Для монтажа токовых магистралей выпускают фазные жилы сечением 1500 мм<sup>2</sup> и нулевые жилы сечением 1000 мм<sup>2</sup>.

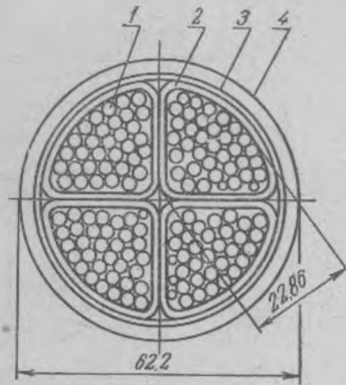


Рис. 5.3. Кабель-токопровод АсВВ

Кроме буквенных символов, в марку кабеля входят цифры, указывающие число и сечение жил. Например, марка АСП 3×16+1×10 означает, что данный кабель состоит из трех фазных жил сечением по 16 мм<sup>2</sup> и одной нулевой жилы сечением 10 мм<sup>2</sup>.

Области применения некоторых марок силовых кабелей приведены в табл. 5.1.

Заводы-изготовители поставляют кабели на деревянных или металлических барабанах, причем концы кабеля надежно герметизированы свинцовыми колпаками — капами, припаянными к металлической оболочке кабеля (концы кабеля с резиновой или пластмассовой герметической оболочкой защищают от увлажнения резиновыми и пластмассовыми колпачками). Внутренний конец намотанного на барабан кабеля выводят в отверстие на боковой щеке барабана и защищают стальной пластиной толщиной не менее 5 мм. Кабель наматывают плотно в несколько слоев, а его наружный конец надежно закрепляют на внутренней стороне щеки барабана. На барабан несмываемой краской наносят следующие надписи: номер барабана по ГОСТу, «не класть плашмя», «при разгрузке не сбрасывать», а также изображают стрелку с надписью «катать по стрелке». Кроме того, на барабане обозначают: марку кабеля, количество и сечение жил, номинальное напряжение, длину, массу, дату изготовления и др. Кабели напряжением 6 кВ и выше должны иметь также протокол заводских испытаний, который в водонепроницаемом полиэтиленовом пакете закрепляют под обшивкой барабана.

Если у барабана прочная и исправная обшивка и наружные

Марка кабеля	Место прокладки	Особенности прокладки
АБ, ААБ, СБ, АСБ, ОСБ, АОСБ, ВРБ, СРБ, НРБ, АВРБ, АНРБ, ВВБ, АВВБ, ПВБ, АПВБ	Траншеи	Без значительных растягивающих усилий
АП, ААП, СП, АСП		При значительных растягивающих усилиях
АБВ, ААБВ, АПВ, ААПВ, СБВ, АСБВ, ОСБВ, АОСБВ, СКВ, АСКВ, ОСКВ, АОСКВ	Туннели, каналы и помещения	При большой разности уровней
ЛГ, АЛГ, СГТ, АСГТ, ОСБ, АОСБ, СБГ, АСБГ, ОСБГ, АОСБГ, ВРГ, АВРГ, СРГ, ВРБГ, АВРБГ, СРБГ, НРБГ, АНРБГ, АПВГ, АШВ, ААШВ		Без растягивающих усилий
АБГ, ААБГ		При наличии сырости
АПГ, ААПГ, СПГ, АСПГ, СРПГ		При больших растягивающих усилиях
СГТ, АСГТ		В трубах и блоках
ЛГВ, АЛГВ, АБГВ, ААБГВ, АПГВ, ААПГВ, СБГВ, АСБГВ, ОСБГВ, АОСБГВ, СПГВ, АСПГВ		По вертикальным и крутонаклонным трассам
СРГ, ВРГ, АВРГ, СРА, НРБГ, АНРБГ, НРГ, АНРГ, СРБГ, ВРБГ, АВРБГ, ВВГ, АВВГ, ПВГ, АПВГ	В помещениях с химически активной средой и в пожароопасных и взрывоопасных помещениях	Без растягивающих усилий

витки кабеля отстоят от нее не менее чем на 100 мм, то перемещать его на короткие расстояния (до 100 м) можно перекатывая барабан по направлению стрелки, нанесенной на щеке барабана.

Для погрузки, транспортировки и выгрузки кабелей используют кабельные транспортеры, грузовые автомобили, подъемные краны, автопогрузчики и лебедки. При помощи транспортера типа ТКБ-5 и ТКБ-10 можно не только перевезти кабель, но и погрузить, выгрузить его, а также и раскатать при прокладке.

### 5.3. Прокладка кабелей в земле

Перед рытьем траншей делают разметку трассы согласно проекту кабельной линии. При этом должны быть соблюдены наименьшие расстояния до кабеля (от фундаментов зданий — 0,6 м; от стволов деревьев — 2 м; от газопроводов низкого давления — 1 м, высокого давления — 2 м; от других трубопроводов — 0,5 м; от теплотрассы — 2 м; от оси трамвайного пути при параллельной прокладке — 2,75 м).

Если по каким-либо причинам расстояния до деревьев и трубопроводов выдержать невозможно, то на всем протяжении сближе-

ния кабель прокладывают в трубе, а теплотрассу снабжают такой теплоизоляцией, чтобы дополнительный нагрев земли в месте прокладки кабеля не превышал 10 °С в любое время года.

Вдоль железной дороги кабель укладывают вне зоны отчуждения, причем расстояние между ним и осью пути должно быть не менее 3,25 м (для электрифицированных дорог — не менее 10,75 м). В стесненных условиях кабель можно укладывать и ближе, но обязательно в трубах или блоках.

Прокладка кабеля вдоль автомобильной дороги ведется с внешней стороны кювета на расстоянии от него не менее 1 м. Если кабель прокладывают параллельно воздушной линии напряжением 110 кВ и выше, расстояние от него до вертикальной плоскости, проходящей через крайний провод линии, должно быть не менее 10 м. Расстояние от опор воздушной линии должно быть не менее 10 м для линий напряжением выше 1000 В и не менее 1 м для линий напряжением до 1000 В. Для кабелей, проложенных в трубе, это расстояние уменьшается до 0,5 м.

Ширина траншеи зависит от количества кабелей, уложенных в нее. Для кабелей напряжением до 10 кВ ширина траншеи по низу составляет: для одного-двух — 350 мм, для трех — 600 мм, для четырех — 650 мм, для пяти-шести — не менее 850 мм. Больше число кабелей укладывать в одну траншею ПУЭ не рекомендуют. Глубина траншеи составляет не менее 800 мм, а при пересечении улиц и площадей — не менее 1100 мм. Указанные величины можно уменьшить до 600 мм в местах ввода в здание и пересечения с подземными сооружениями при условии, что кабели будут защищены от механических повреждений.

Как правило, траншеи роют землеройными машинами (ковшовыми и роторными экскаваторами, специальными канавкопателями и т. д.). В условиях города, где много различных подземных коммуникаций и стесненные условия работы, применяют небольшой экскаватор Э-153, смонтированный на тракторе «Беларусь». Он имеет хорошую маневренность, малые размеры и используется не только для рытья, но и для засыпки траншей, так как обычно оборудуется бульдозером. Асфальтовое покрытие вскрывают пневматическими отбойными молотками.

Если на трассе нет других кабелей, подземных сооружений и трубопроводов, траншею отрывают сразу на полную глубину. В противном случае снимать грунт землеройными машинами, пользоваться ломом или кирками можно только до такой глубины, чтобы до кабеля оставалось не менее 300 мм, после чего можно работать лишь лопатой с соблюдением особой осторожности.

При рытье траншей (особенно глубиной более 1 м) необходимо учитывать сыпучесть грунтов. Для того чтобы стенки траншеи не обваливались, их укрепляют опалубкой. После того как траншея открыта, ее дно выравнивают, убирают камни и мусор, а затем насыпают слой мягкого грунта толщиной 100 мм (при отсутствии мягкого грунта на трассу привозят песок).

В местах, где невозможно использовать механизмы, кабель раскатывают путем тяжения с неподвижно установленного барабана, используя лебедку, трактор или автомобиль (если они могут проехать вдоль трассы). Для прокладки кабеля с помощью лебедки барабан помещают в конце траншеи, а лебедку — над траншеей на расстоянии, определяемом удобством работы и длиной троса. Устанавливают барабан на козлах, рычажных или винтовых, а также на специальных кабельных домкратах. Если барабан имеет не-

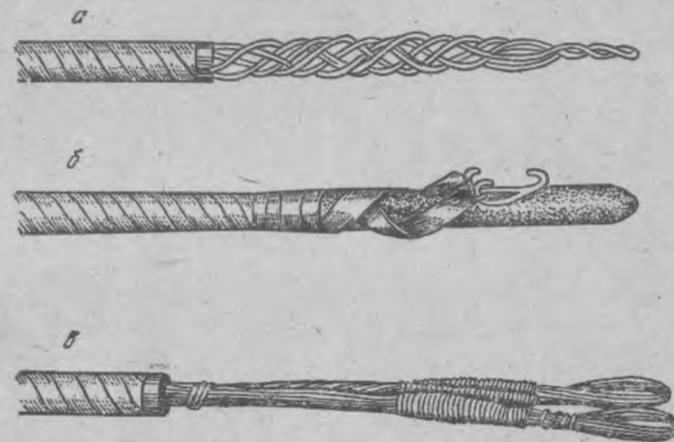


Рис. 5.4. Крепление троса для раскатки кабеля:  
а — проволочным чулком; б — брезентовым поясом; в — за жилы

большую массу (до 29,4 кН (3 т), то для его подъема используют барабаноподъемник — трубчатую металлическую раму, снабженную захватами для оси барабана и опорными пластинами.

После подвески барабана на ось к концу кабеля при помощи проволочного чулка или брезентового пояса крепят трос лебедки (если раскатка требует больших усилий, трос крепят непосредственно к жилам кабеля (рис. 5.4). Существуют также специальные зажимы, закрепляемые на жилах.

Для того чтобы наружные покрытия кабеля не повредились во время раскатки, применяют раскаточные ролики. На прямых участках трассы на расстояниях не более 5 м устанавливают прямые ролики, а на поворотах — угловые.

В исключительных случаях кабель растягивают вручную. При этом вдоль трассы расставляют рабочих с таким расчетом, чтобы на каждого из них приходилось не более 35 кг массы кабеля.

Наиболее легкий и удобный способ прокладки кабеля — его раскатка с движущегося транспорта (автомобиля, кабельного транспортера или трубоукладчика). Кабельный барабан устанавливают на движущееся вдоль траншеи транспортное средство, кабель укладывается на дно траншеи с помощью направляющих лотков, консолей и т. д. Для такой раскатки рекомендуется установить

динамометр для контроля усилия растягивания, действующего на кабель. Если оно чрезмерно велико, следует прекратить раскатку, выяснить и устранить причины, вызвавшие тяжелый ход кабеля.

Под улицами и дорогами кабель прокладывают в трубах, блоках или туннелях на глубине 1 м. При этом трубы укладывают с наклоном в одну сторону, чтобы в них не задерживалась вода, между собой их соединяют муфтами, а места стыков покрывают битумом.

На дно траншей кабель укладывают «змейкой» с запасом по длине для того, чтобы компенсировать его укорочение при возмож-

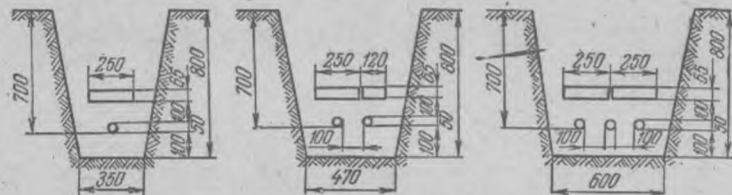


Рис. 5.5. Расположение кабеля в траншеях

ных изменениях температуры. Если в траншею помещают несколько кабелей, то расстояние между ними должно быть не менее 100 мм (рис. 5.5).

При укладке необходимо правильно выполнять пересечения кабелей друг с другом и с другими сооружениями. Если пересекаются два кабеля, они должны быть разделены слоем земли толщиной не менее 0,5 м. Это расстояние можно уменьшить до 0,15 м, если в месте пересечения и на длине 1 м в каждую сторону от него кабели разделяют слоем кирпича, бетонными плитами или один из кабелей заключают в трубу (рис. 5.6). Кабель высокого напряжения всегда располагается под кабелем более низкого напряжения.

Если кабель пересекает теплопровод, то расстояние между ними в свету должно быть не менее 0,5 м, а теплопровод должен иметь дополнительную теплоизоляцию на длине 2 м в обе стороны от места пересечения. При пересечении автомобильных и железных дорог кабель прокладывают в блоках или трубах на глубине не менее 1 м, причем расстояние между ним и дном водоотводной канавы не должно быть меньше 0,5 м. В местах монтажа соединительных кабельных муфт делают запасы по длине для повторного монтажа. Соединительная муфта должна быть расположена в траншее так, чтобы расстояние от ее корпуса до ближайшего кабеля составляло не менее 250 мм.

Для сохранения целостности токопроводящих жил и защитных оболочек кабеля любые работы, связанные с его изгибом, следует проводить с соблюдением следующих наименьших радиусов изгиба: для силовых кабелей на напряжение до 35 кВ, многожильных в свинцовой оболочке — не менее 15, а для многожильных в алюминиевой оболочке и для одножильных в свинцовой или алюминиевой оболочке — не менее 25 наружных диаметров кабеля. Если кабели имеют пластмассовую изоляцию на напряженне до 3 кВ,

радиус изгиба принимается: для небронированных без алюминиевой или гофрированной стальной оболочки — не менее 6, бронированных, но без алюминиевой оболочки — не менее 10, бронированных и небронированных в алюминиевой оболочке — не менее 15 наружных диаметров кабеля.

Для нормального функционирования пропитанной бумажной изоляции разность уровней между нижней и высшей точками рас-

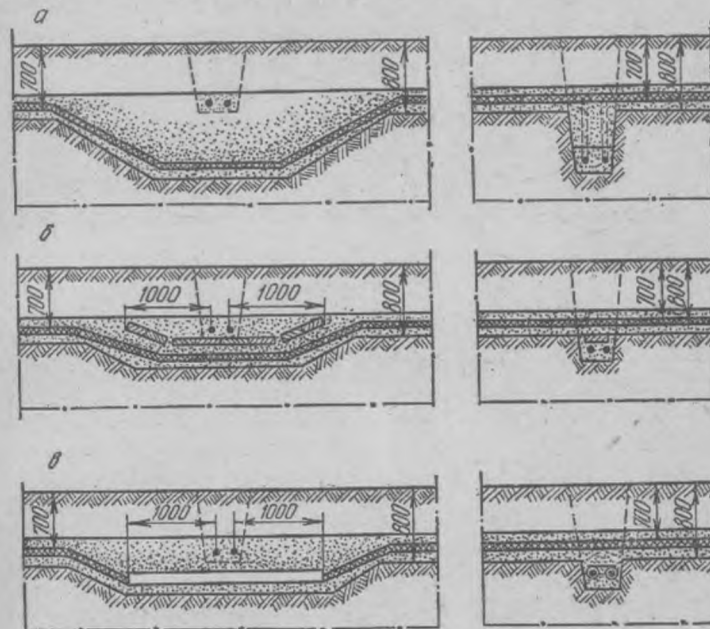


Рис. 5.6. Пересечения кабельных трасс:

а — разделением слоем грунта, б — разделением кирпичом или бетонными плитами, в — прокладкой одного из кабелей в трубе

положения кабелей в свинцовой и алюминиевой герметической оболочках с вязкой пропиткой изоляции должна составлять не более 20...25 м, кабелей с обедненной пропиткой — не более 100 м.

После укладки кабеля проверяют соответствие всех элементов трассы проектным данным и крепят к кабелю маркировочные бирки, на которых указывается его марка, номер или наименование, сечение жил и рабочее напряжение. Эти бирки привязывают к кабелю через каждые 15...20 м на прямых участках, а также в местах входа в трубы, при пересечениях и возле муфт.

Далее кабель засыпают песком или мягким грунтом слоем в 100 мм, поверх укладывают железобетонные плиты или один слой красного кирпича (поперек кабеля) для защиты от механических повреждений. Перед окончательной засыпкой траншеи на место работ вызывают представителей организации, подземные сооружения которой находятся в зоне производства работ.

После испытания кабеля повышенным напряжением траншею окончательно засыпают и утрамбовывают.

Кабель вводят в здание в отрезке асбоцементной безнапорной трубы, конец которой должен выступать из стены здания (если имеется отмотка — на 0,6 м за ее линию). Несмотря на то что отрезок трубы всегда устанавливают с наклоном в сторону траншеи, во избежание проникновения влаги в здание зазор между кабелем и стенками трубы заделывают несгораемым и легко проби-

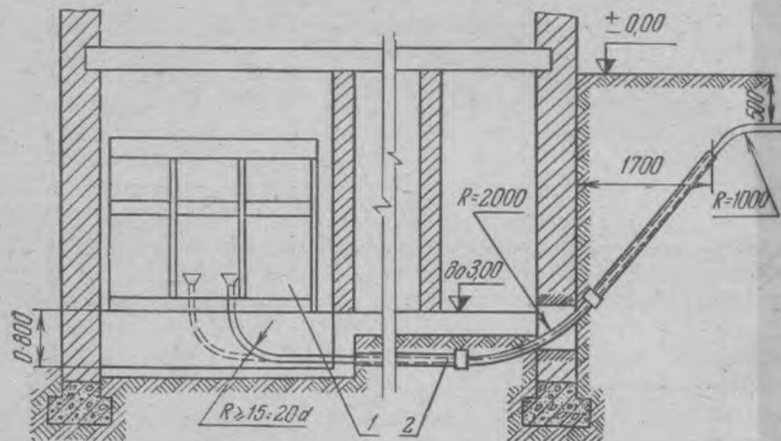


Рис. 5.7. Ввод кабеля в здание

ваемым материалом (смесью цемента и песка в соотношении 1 : 10, глины и песка — 1 : 3 или глины, цемента и песка 1,5 : 1 : 11).

До ввода кабеля в трубу в траншею выкладывают его запас (в виде зигзага), необходимый на случай ремонтных работ. После протяжки кабеля у входа в трубу делают подбивку земли для того, чтобы он не смялся о край трубы при осадке грунта. Несколько кабелей удобно вводить в помещение в каналах, которые после окончания работ закрывают железобетонными плитами и засыпают землей.

С участка кабеля, который будет находиться в помещении, необходимо снять джутовое покрытие, очистить броню от битумного состава и окрасить его масляной краской или асфальтовым лаком.

В качестве примера на рис. 5.7 приведен чертеж прокладки кабеля 2 к вводно-распределительному устройству 1, установленному в подвале здания.

#### 5.4. Прокладка кабелей при низких температурах

Размотка, переноска и прокладка кабеля в холодное время года без предварительного подогрева допускается только в тех случаях, когда температура воздуха в течение 24 ч до начала работ не снижалась хотя бы временно:

для силовых кабелей с бумажной изоляцией — ниже 0 °С;

для силовых кабелей с пластмассовой изоляцией — ниже -7... -20 °С (в зависимости от конструкции и материала изолирующих и защитных оболочек);

для силовых кабелей с резиновой изоляцией — ниже -7... -20 °С (в зависимости от материала оболочки и конструкции брони).

Если температура воздуха опускалась ниже указанных пределов, кабели можно прокладывать только после предварительного подогрева. При температуре окружающей среды ниже -40 °С прокладка кабелей вообще не разрешается.

Если вблизи кабельной трассы имеется соответствующее помещение, в него закатывают барабаны, снимают обшивку и выдерживают до тех пор, пока не прогреются внутренние слои кабеля (несколько десятков часов). Часто для этой цели используют палатки или тепляки — временные сооружения, собираемые, например, из деревянных щитов, снабженных теплоизоляцией. Источниками тепла в этом случае служат печи, горелки инфракрасного излучения или воздуходувки, с помощью которых поддерживается температура до +40 °С. Этот способ требует выполнения специальных противопожарных мероприятий и малоэффективен, так как требует длительного времени.

Значительно более удобен метод прогрева кабеля электрическим током непосредственно на месте раскатки. Барабан устанавливают на домкратах для того, чтобы сразу же после прогрева кабель можно было раскатать и уложить в траншею. Для получения тока, необходимого для прогрева, выпускают специальные трансформаторы ТСПК-25 мощностью 25 кВА, имеющие переключатели для регулирования силы тока. Схема прогрева кабеля с помощью такого трансформатора приведена на рис. 5.8, а.

Если специального трехфазного трансформатора нет, кабель можно прогреть однофазным или постоянным током при бифилярном включении жил. В качестве источника тока в этом случае можно использовать сварочный трансформатор (например, СТЭ-32) или сварочный генератор, позволяющий более плавно и в широких пределах регулировать силу тока. На рис. 5.8, б приведена схема включения кабеля для прогрева однофазным током. Она состоит из тех же элементов, что и предыдущая, но в цепь вторичной обмотки трансформатора включен дроссель  $D_r$ , которым можно регулировать силу тока в кабеле. Отметим, что при данной схеме в одной из жил кабеля будет течь ток в два раза больший, чем в двух других, и кабель будет нагреваться несколько неравномерно.

Практически работы по прогреву кабелей электрическим током проводят в следующем порядке.

Разделяют оба конца кабеля и на его внутреннем конце соединяют опрессовкой накоротко все жилы (при прогреве однофазным или постоянным током соединяют, кроме того, две жилы на наружном конце). Место соединения покрывают изоляционной лентой. Концы кабеля заделывают герметично. Для заделки конца ка-

беля с закороченными жилами к металлической оболочке припаивают свинцовый колпачок так, чтобы жилы примерно на 50 мм не доходили до его торца. Для заделки второго конца кабеля, к которому подводится ток, можно применить временную воронку из рубероида, толя или электрокартона с заливкой ее битумной кабельной массой (такую же воронку можно применять для герметизации конца кабеля с закороченными жилами для кабелей с пласт-

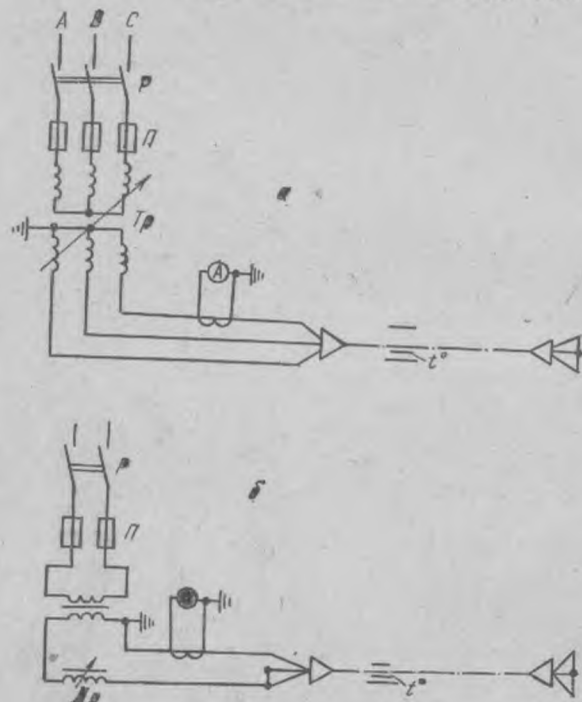


Рис. 5.8. Схемы прогрева кабелей током:  
а — трехфазным, б — однофазным

массовой изоляцией). Если необходимо прогреть несколько кабелей одновременно, их соединяют между собой последовательно.

На время прогрева устанавливают дежурство и принимают меры пожарной безопасности (к месту прогрева доставляют огнетушители, песок, лопаты и т. п.). Прогретый кабель необходимо раскатать и уложить в траншею в возможно более короткий срок — не более чем за 1 ч при температуре воздуха до  $-10^{\circ}\text{C}$ , за 40 мин при температуре до  $-20^{\circ}\text{C}$  и не более чем за 30 мин при температуре ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ . Если этого времени оказалось недостаточно, то прокладку кабеля следует прекратить и разогреть его повторно.

При прокладке разогретого кабеля необходимо следить за тем, чтобы он не изгибался радиусом меньше допустимого и укладывался в траншею «змейкой» с запасом 3...4 %.

## 5.5. Прокладка кабелей в блоках

Кабельная блочная линия представляет собой систему колодцев, соединенных между собой пакетами параллельно проложенных труб. Количество труб в пакете равно числу кабелей, подлежащих прокладке, плюс несколько резервных, в которые можно затягивать кабели по мере развития электрической сети. Блоки укладывают с небольшим (не менее 0,2 %) уклоном в сторону любого из колодцев для того, чтобы в трубах не скапливалась вода. Чаще всего собирают их из асбоцементных труб, которые укладывают в отрытую траншею и соединяют между собой асбоцементными муфтами или стальными манжетами. Стыки труб заливают цементным раствором, для чего используют разъемные стальные опалубки, которые после затвердевания раствора снимают. Расстояние между рядом расположенными трубами должно быть не менее 100 мм, а при пересечении блоков с подземными сооружениями то же, что и при прокладке кабелей в траншеях. При необходимости блоки могут состоять из нескольких рядов труб, расположенных один над другим.

Колодцы сооружают из кирпича или железобетонных элементов глубиной не менее 1,8 м, диаметр люков — не менее 0,7 м. Они имеют двойные крышки, нижняя из которых запирается на замок. Расстояние между колодцами по трассе составляет несколько десятков метров (при больших расстояниях чрезмерно возрастает усилие протяжки).

В блоках прокладывают кабели с голой усиленной свинцовой оболочкой (СГТ, АСГТ, КСГТ). На коротких участках, а также в случаях, если кабель, проложенный в земле, должен входить на блочную трассу, разрешается применять бронированные кабели без наружного покрова. Для этого с кабеля снимают джутовый покров, протирают броню бензином, окрашивают ее асфальтовым лаком и подготовленную таким образом часть кабеля затягивают в блок.

Затяжку в блоки выполняют следующим образом. В каждом колодце проверяют конструкции для крепления кабелей и муфт, уточняют возможность установки приспособлений для затяжки кабеля. С помощью электрической лампы или фонаря просматривают каналы труб, проверяя их прямолинейность. Далее каналы прочищают контрольным цилиндром (рис. 5.9) и стальными ершами от мусора и наплывов цементного раствора в местах соединений труб.

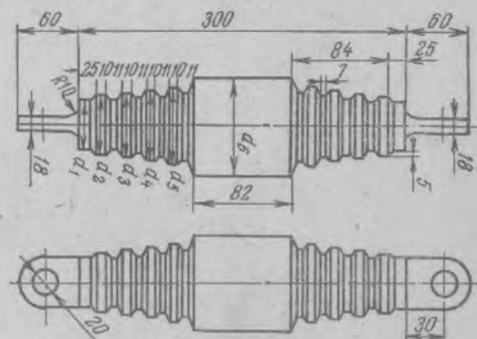


Рис. 5.9. Контрольный цилиндр

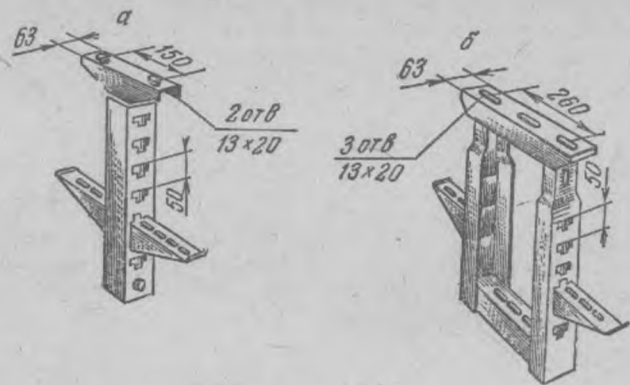


Рис. 5.13. Потолочные кабельные конструкции:  
а — одинарная, б — коробчатая

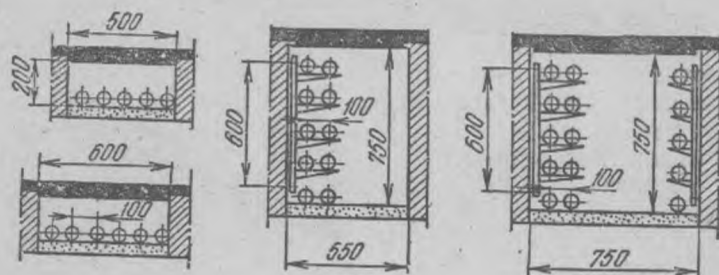


Рис. 5.14. Кабельные каналы

положной стенкой канала или между конструкциями, закрепленными на обеих стенках, — 300 мм.

### 5.7. Ступенчатая разделка кабеля с бумажной изоляцией

Монтаж соединительных муфт и концевых заделок начинают с разделки концов кабеля, с которого как бы ступеньками удаляют наружный покров, броню, герметическую оболочку и бумажную изоляцию (рис. 5.15). Размеры отдельных ступенек А, Б, С, П, И, Г определяются типоразмером муфты или заделки и номинальным напряжением кабеля и приводятся в справочниках.

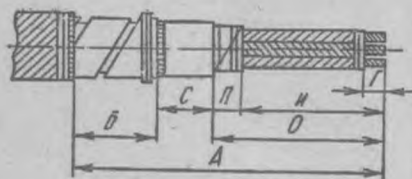


Рис. 5.15. Разделка силового кабеля

Перед началом работы следует убедиться, что бумажная изоляция кабеля не увлажнена. Для этого с конца кабеля снимают кусочки бумажной изоляции и бросают их в сосуд с разогретым до 140...150 °С парафином или ка-

бельной массой МП-1. Если изоляция содержит влагу, то при этом слышно слабое потрескивание и на поверхности парафина появляется пена. В этом случае отрезают кусок кабеля длиной 200...300 мм и проверяют наличие влаги до тех пор, пока увлажненный конец кабеля не будет удален.

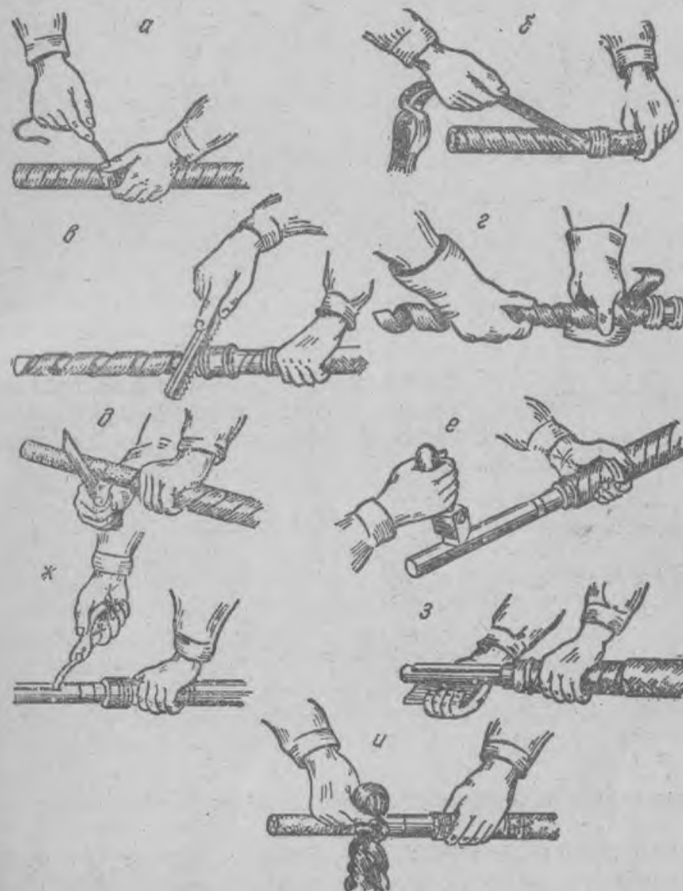


Рис. 5.16. Последовательность операций при разделке кабеля:  
а — наложение биндажа, б — снятие джутового покрытия, в — резка брони, г — снятие брони, д — выполнение кольцевых надрезов, е — выполнение продольных надрезов, ж — отделение продольной полоски, з — снятие герметической оболочки, и — снятие поясной изоляции

Ступенчатую разделку начинают со снятия наружной джутовой оболочки. На расстоянии А от конца кабеля (см. рис. 5.15) наматывают биндаж из просмоленной ленты (рис. 5.16, а), закрепляют его проволочной вязкой, сматывают и отрезают джутовое покрытие (рис. 5.16, б). Затем отмеряют участок брони Б и накладывают биндаж из стальной проволоки диаметром 0,8...1 мм. Броню надрезают

(рис. 5.16, в) бронерезкой или слесарными ножницами. Стальные ленты сматывают с конца кабеля и удаляют до линии надреза (рис. 5.16, г). Подушку из кабельной пряжи снимают ножом, а если она сделана из кабельной бумаги, пропитанной битумом, то ее предварительно прогревают паяльной лампой (эту операцию следует выполнять с большой осторожностью, чтобы не повредить изоляцию под герметической оболочкой). Затем на отрезке С (см. рис. 5.15) тряпкой, смоченной в бензине или керосине, снимают остатки битумного состава с герметической оболочкой и вытирают ее насухо.

Далее отмеряют участок О и делают на оболочке двойной кольцевой надрез (рис. 5.16, д) кабельным ножом с ограничителем (свинцовую оболочку), без ограничителя или специальным ножом НКА-1м (алюминиевую). После этого делают двойные продольные надрезы (рис. 5.16, е) на части оболочки, которую нужно удалить (расстояние между надрезами — 10 мм), плоскогубцами отделяют продольную полоску (рис. 5.16, ж), а затем разгибают и снимают всю оставшуюся часть оболочки (рис. 5.16, з). Поясную бумажную изоляцию на участке И (см. рис. 5.15) сматывают с кабеля отдельными лентами, обрывая их у края кольцевого надреза герметической оболочки (рис. 5.16, и). Бумажные жгуты наполнителя обрезают ножом на том же уровне.

Для заземления металлической герметической оболочки и брони к ним припаивают медный многопроволочный заземляющий проводник.

Металлическое кольцо герметической оболочки, образованное кольцевыми надрезами, снимают лишь после разведения жил в концевой заделке или соединения жил в муфте. Благодаря такой очередности работы после снятия кольца остается небольшой участок бумажной поясной изоляции П, предохраняющий фазную изоляцию жил от повреждения краем герметической оболочки.

### 5.3. Монтаж чугунной соединительной муфты

Соединительные муфты в зависимости от выполняемых функций обеспечивают прочность соединения, герметичность, защищают от коррозии и т. д. Чугунная соединительная муфта (рис. 5.17) применяется для соединения кабелей напряжением до 1 кВ. Она состоит из двух полумуфт 1 и 2, соединенных оцинкованными болтами 8. Фланцы муфт снабжены пазами 4, с прокладками из маслостойкой резины или пенькового канатика, проваренного в кабельной массе. Для уплотнения кабеля, входящего в муфту, в ее горловинах имеются кольцевые выемки 3. Для заливки кабельной массы верхняя полумуфта имеет отверстие с крышкой 6, которая крепится болтами и снабжена уплотняющей прокладкой. Две контактные площадки с заземляющими болтами 5 в нижней полумуфте служат для присоединения заземляющих проводников, припаянных к кабелям.

Монтаж муфты начинают со ступенчатой разделки концов кабелей. Далее вручную, или используя деревянный шаблон, выгибают жилы так, как они должны быть расположены в муфте. Концы кабелей закрепляют и соединяют их жилы. При соединении пайкой на жилы предварительно надевают фарфоровые распорные пластины РМ треугольной (для трехжильных) или квадратной (для четырехжильных кабелей) формы. После сварки или опрессовки жил устанавливают распорные пластины 7 (рис. 5.17). Для получения

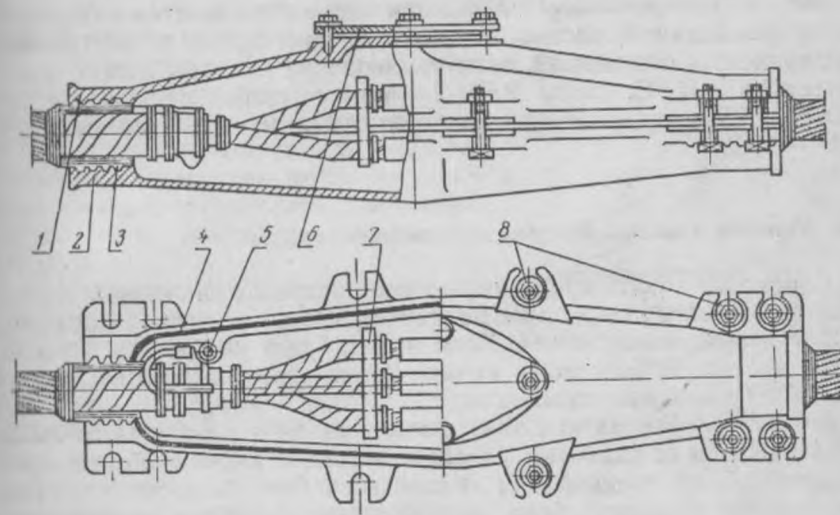


Рис. 5.17. Чугунная соединительная муфта

высокого качества соединения жилы тщательно очищают бензином от кабельной мастики, а после соединения напильником удаляют наплывы припоя. Место соединения обрабатывают пропарочной массой МП-1 (масло-канифольный состав, аналогичный кабельной мастике) с целью удаления пыли, загрязнений, включений воздуха между витками изоляции.

После соединения жил кабеля приступают к сборке муфты. Для этого в местах закрепления горловины муфты на кабель наматывают просмоленную ленту, а поверх нее — толевую бумажную ленту. Под место соединения подводят нижнюю полумуфту и присоединяют к ней заземляющие проводники, а в ее уплотняющую канавку укладывают прокладку. Далее устанавливают верхнюю полумуфту и стягивают ее болтами с нижней, затем открывают заливочную крышку и заливают в муфту заливочную массу.

В зависимости от места монтажа и последующей эксплуатации кабельной муфты пользуются различными заливочными кабельными массами. Следует строго выдерживать характерные для них температурные режимы. При снижении температуры окружающей сре-

ды ниже указанной величины масса растрескивается и создает пустоты и трещины. Эти же дефекты появляются и при несоблюдении требуемой температуры разогрева массы перед заливкой.

Соединительные и концевые муфты, а также стальные воронки, помещенные в земле и в неотапливаемых помещениях, при температуре окружающей среды до  $-10^{\circ}\text{C}$  заливают массой МБ-70 (разогрев ее до  $160...170^{\circ}\text{C}$ ), в отапливаемых помещениях и в наружных установках, расположенных в местности с жарким климатом, — массой МБ-90 (разогрев ее до  $180...190^{\circ}\text{C}$ ).

Морозостойкую массу МБМ-1 применяют при монтаже соединений и оконцеваний, расположенных вне помещений и внутри неотапливаемых помещений, если температура воздуха может понижаться до  $-35^{\circ}\text{C}$ , массу МБМ-2 — при температуре воздуха до  $-45^{\circ}\text{C}$ . Перед заливкой их разогревают до температуры  $130...140^{\circ}\text{C}$ .

### 5.9. Монтаж свинцовой соединительной муфты

Свинцовая муфта представляет собой отрезок свинцовой трубы, концы которой при монтаже подгибают к герметической оболочке кабеля и припаивают к ней. Если муфта будет размещена в земле или в месте, где возможны механические повреждения, ее заключают в чугунный защитный кожух.

Монтаж муфты начинают с ее выравнивания и очистки от пыли и грязи. Затем ее надевают на один из концов кабеля, обмотанный полиэтиленовой пленкой или чистой ветошью, после чего делают ступенчатую разделку обоих концов кабеля, разводят, выгибают и соединяют жилы. Места соединения и изоляцию жил несколько раз проплавляют массой МП-1, с жил ступенями снимают фазную бумажную изоляцию. Для этого на бумажную изоляцию накладывают один виток стальной проволоки со свинцовыми грузиками и



Рис. 5.18. Ступенчатая разделка бумажной изоляции

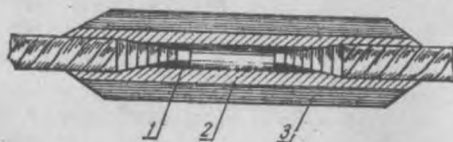


Рис. 5.19. Изоляция места соединения жил

по нему обрывают бумажные ленты (рис. 5.18). Затем еще раз проплавляют и изолируют места соединения.

Для изоляции используют кабельные ролики (свернутая лента из кабельной бумаги шириной  $5...25$  мм и длиной 5 м) и рулоны (длиной 5 м, шириной до 300 мм), которые хранят в герметически закрытых банках, заполненных пропиточным составом. Перед тем как приступить к изолированию жил, банку вскрывают и подогре-

вают до  $80^{\circ}\text{C}$ , проверив при этом отсутствие влаги в составе разогретым парафином. Работать с роликами и рулонами следует быстро, чтобы они не успели остыть — холодная пропитка имеет большую вязкость, препятствующую плотному прилеганию витков друг к другу. Роликами шириной 5 мм восстанавливают изоляцию жилы между соединительной гильзой и краем фазной изоляции (зачерненный участок 1 на рис. 5.19), затем роликами шириной 10 мм накладывают изоляцию 2 до выравнивания ее с заводской изоляцией.

Далее на соединение дополнительно наматывают  $6...7$  слоев изоляции на участке, равном ширине рулона, а поверх этой намотки — кабельный рулон 3. Изолированные жилы сводят вместе, обматывают роликом шириной 50 мм и перевязывают нитками. После снятия колец герметической оболочки и разбортовки ее края место соединения проплавляется, после чего приступают к монтажу собственно муфты.

Свинцовую трубу надвигают на место соединения, осторожно подгибают ее концы так, чтобы они имели шарообразную форму и плотно охватывали герметические оболочки (рис. 5.20). Загнутые концы муфты и участки оболочки прогревают паяльной лампой и спаивают. После этого в верхней части муфты прорезают два заливочных отверстия 1, одно из которых служит для заливки массы, а другое — для выхода воздуха. После заливки отверстия запаивают. При необходимости муфту укладывают в защитный кожух, предварительно обернув ее листовым асбестом. Если муфта смонтирована вблизи других кабелей, в туннелях, каналах или колодцах, ее заключают в стальную или асбоцементную трубу, выступающую с каждой стороны муфты не менее чем на 250 мм.

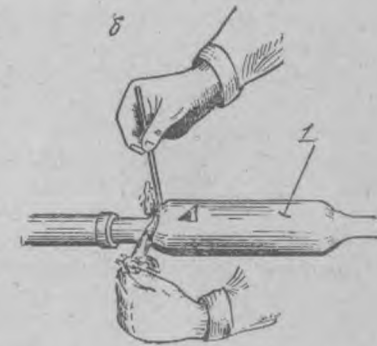
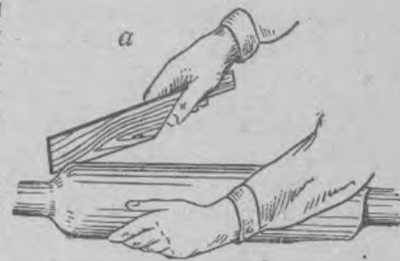


Рис. 5.20. Обработка шейки муфты:

а — пригибание краев муфты к герметической оболочке, б — пайка

### 5.10. Монтаж эпоксидной соединительной муфты

Для соединения кабелей напряжением до 10 кВ широко применяют муфты из эпоксидного компаунда. Эпоксидный компаунд имеет высокие клеящие свойства, является хорошим диэлектриком,



после отвердевания, которое происходит при добавлении специального отвердителя, приобретает прочность, стойкость к сырости, к воздействию масел и других химических веществ.

Монтаж эпоксидной соединительной муфты начинают со ступенчатой разделки концов кабелей, соединения их жил и припайки заземляющего проводника. Оголенные участки жил и места их соединения прошпаривают и изолируют липкой поливинилхлоридной лентой (подмотку делают в виде конуса). Между жилами вставляют распорные эпоксидные пластины, обезжиренные (бензином, ацетоном и т. д.) и обработанные стальной щеткой или наждачной бумагой. В муфтах, рассчитанных на напряжение выше 1000 В, устанавливают две распорки (по обе стороны от соединительной гильзы), до 1000 В — одну в центре. Под горловины муфты делают уплотнительную подмотку из хлопчатобумажной ленты, пропитанной эпоксидом. Внутреннюю поверхность муфты, а также соприкасающиеся поверхности обеих полумуфт обезжиривают, зачищают, смазывают эпоксидом, после чего полумуфты соединяют и закрепляют на кабеле в горизонтальном положении.

При использовании съемной металлической формы ее внутреннюю поверхность густо смазывают техническим вазелином для того, чтобы эпоксид не прилип к стенкам.

Компаунд для заливки муфты готовят непосредственно перед применением; тщательно перемешивают (для того, чтобы осевший на дно кварцевый наполнитель распределился по всему объему), затем добавляют отвердитель. После повторного перемешивания состав медленно (чтобы в муфте не образовывались пузырьки воздуха, снижающие диэлектрические свойства изоляции) заливают во внутреннюю полость муфты. Лучше всего эпоксид заливать с небольшой высоты непрерывной струей шириной 10...15 мм по лотку, направляющему струю на стенку муфты.

Качество муфты во многом зависит от температуры окружающей среды при заливке. Нормальной считается температура +10...+20 °С. При более высоких температурах (выше +25 °С) эпоксид разжижается и, затвердевая, образует в своей массе пустоты и поры, поэтому в таких случаях после добавки отвердителя делают выдержку (15...20 мин). За это время компаунд становится более вязким, что обеспечивает высокое качество заливки.

Время отвердевания зависит от температуры окружающей среды и составляет примерно 12 ч при +20 °С. При низких температурах затвердевание может длиться несколько суток, поэтому для его ускорения при температуре +5 °С и ниже пропан-бутановыми горелками типа ГИИВ-1 подогревают воздух.

#### 5.11. Сухая концевая заделка лентами и лаками

Концевые заделки КВВ (рис. 5.21) с применением поливинилхлоридных лент и лаков служат для оконцевания кабелей с бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ внутри помещений, а также

и наружных установках (если они в процессе эксплуатации будут надежно защищены от атмосферных осадков, прямых солнечных лучей и пыли).

После ступенчатой разделки конца кабеля, монтажа заземляющего проводника 8 и оконцевания жил кабеля наконечниками каж-

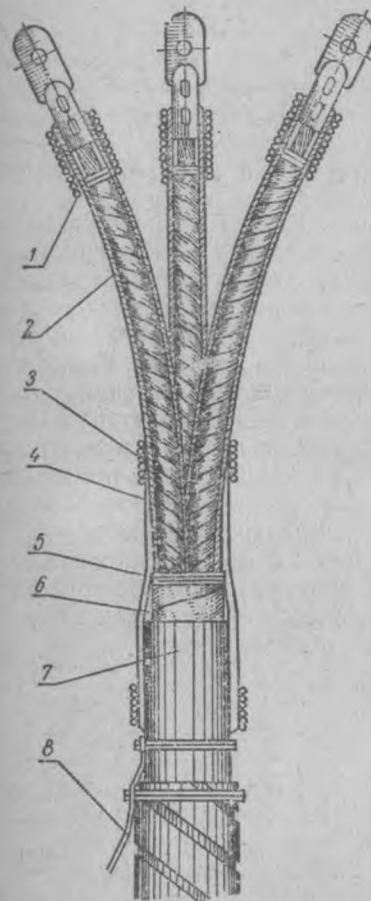


Рис. 5.21. Сухая концевая заделка КВВ

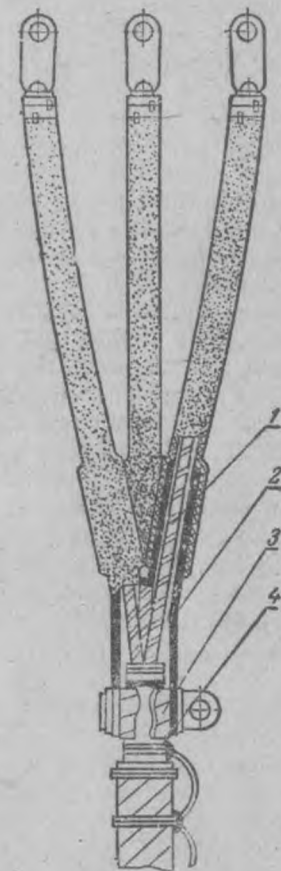


Рис. 5.22. Концевая заделка в резиновой перчатке КВР

дую жилу от места ее выхода из поясной изоляции 6 и до накопечника обматывают тремя слоями липкой ленты 2 (если работу ведут нелипкой лентой, то поверхность, на которую ее будут накладывать, обильно смазывают лаком). Для того чтобы выровнять переходную ступень от герметической оболочки 7, к поясной изоляции на жилы в месте их выхода из кабеля конусообразно наматывают ленту, а затем бандаж 5 из хлопчатобумажных ниток. В заключение на ко-

нец кабеля накладывают многослойную выравнивающую подмотку 4 из ленты, в нижней части подмотки и на наконечниках делают бандажи из тонкого шпагата 1 и 3.

### 5.12. Концевая заделка в резиновой перчатке

Перчатки из найритовой резины поставляют в комплекте с другими материалами, необходимыми для концевой заделки. Они бывают с тремя или четырьмя пальцами, к которым клеят 88Н приклеены резиновые трубки.

Рассмотрим концевую заделку кабеля в резиновой перчатке типа КВР (рис. 5.22).

После ступенчатой разделки конца кабеля на фазную изоляцию 1 жил наматывают поливинилхлоридную ленту или маслостойкую лакоткань. Намотку делают вразбежку (т. е. без определенного шага намотки) для того, чтобы при натягивании перчатки ленты бумажной изоляции жил не разворачивались и не сдвигались вследствие трения о стенки трубок, приклеенных к перчатке. После этого цилиндрическую часть перчатки 2 выворачивают наизнанку, обрабатывают напильником, смазывают клеем 88Н, надевают на кабель так, чтобы жилы вошли в соответствующие пальцы, и дают клею немного подсохнуть. Далее отвернутую часть перчатки отгибают на кабель, причем она должна охватить герметическую оболочку 4 по всей ее длине. В месте, где перчатка заходит на оболочку, наматывают два слоя прорезиненной ленты 3 и стягивают стальным хомутом или бандажом из стальной проволоки. Концы трубок, заходящие на кабельные наконечники, обрабатывают, как перчатку, и приклеивают к цилиндрической части наконечника.

### 5.13. Концевая эпоксидная заделка

Эпоксидную концевую заделку типа КВЭн (рис. 5.23) в помещениях с нормальной средой выполняют следующим образом. После ступенчатой разделки конца кабеля на фазную бумажную изоляцию жил 4 наматывают вразбежку один слой липкой ленты, по всей длине жил надевают найритовые трубки 3, продвигая их к месту выхода жил из поясной изоляции. Выходящие из трубок концы жил оконцовывают наконечниками 1, цилиндрическую часть которых обрабатывают напильниками. Оголенную часть жилы возле наконечника подматывают хлопчатобумажной лентой, смазанной эпоксидом, затем на обработанную часть наконечника надвигают найритовую трубку. Для обеспечения герметичности эту часть наконечника предварительно смазывают эпоксидом, на трубку надевают металлические хомуты или бандажи 2, все части концевой заделки, подлежащие заливке эпоксидом, обезжиривают и обрабатывают драчевым напильником. Для хорошего сцепления компаунда с герметической оболочкой 6 ее тщательно обезжиривают и делают

на ней насечки 5. Далее на герметическую оболочку и броню 7 наматывают два слоя хлопчатобумажной ленты, смазанной эпоксидом, и закрепляют на кабеле съемную форму из пластмассы (допускается использование стальных и даже картонных форм, смазанных изнутри вазелином). После этого форму заливают компаундом.

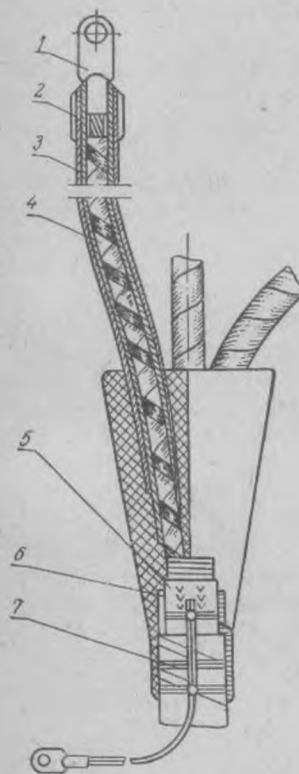


Рис. 5.23. Эпоксидная концевая заделка

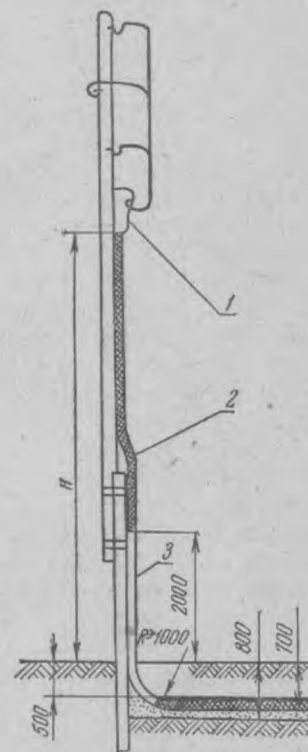


Рис. 5.24. Выход кабеля на опору воздушной линии

### 5.14. Концевые кабельные муфты наружной установки

При пересечении воздушными линиями различных препятствий, при присоединении их к трансформаторным подстанциям, а также при сооружении комбинированных линий электропередачи (на одном участке энергия передается по воздушной линии, на другом — по кабелю) кабель выводят из земли на опору воздушной линии и заделывают его конец в концевой муфте той или иной конструкции.

Возле опоры кабель прокладывают с соблюдением основных расстояний до поверхности земли, радиус изгиба при выходе его на

опору должен быть не менее 1 м (рис. 5.24). Для защиты кабеля от механических повреждений используют стальную трубу 3 диаметром, равным полутора диаметрам кабеля (но не менее 100 мм). Длина трубы должна быть достаточной для защиты кабеля на высоте не менее 2 м от поверхности земли. С участка 2 кабеля, проложенного на опоре, снимают джутовую оболочку, броню очищают бензином от остатков битума, кабель окрашивают лаком или краской, а конец трубы, из которого он выходит, тщательно заделывают,

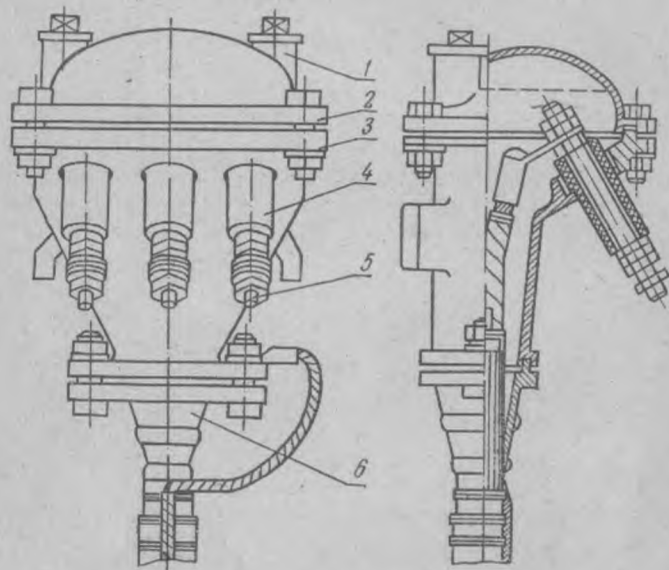


Рис. 5.25. Мачтовая концевая муфта КМ

чтобы в трубу не попадала влага. Концевая кабельная муфта 1 монтируется в верхней части опоры вблизи проводов воздушной линии. К деревянной опоре труба и кабель крепятся двухлапковыми стальными скобами.

Мачтовая муфта типа КМ (рис. 5.25) состоит из корпуса 3 из алюминиевого сплава или чугуна, снабженного крышкой 2, в которой имеются отверстия 1 с резьбовыми пробками. На внутренней части конуса муфты 6 находится свинцовая манжета, предназначенная для припаивания к герметической оболочке кабеля. С помощью эпоксидного компаунда в корпус муфты вмонтированы проходные фарфоровые изоляторы 4, токоведущие стержни которых снабжены гайками для присоединения проводов линии и жил кабеля 5. Муфту заливают массой МБ-70 или МБМ и окрашивают снаружи антикоррозионной алюминиевой краской.

### 5.15. Прозвонка кабелей

Для правильного подключения кабелей к контактам электрических машин, приборов и аппаратов проводят прозвонку.

В простейшем случае прозвонку выполняют с помощью лампы и батарейки от карманного фонаря (рис. 5.26, а). На одном из концов кабеля (на рисунке — левом) произвольно маркируют жилы и

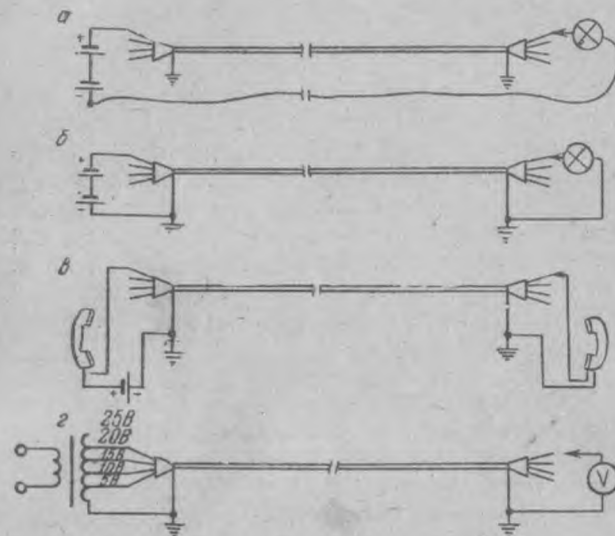


Рис. 5.26. Схемы прозвонки кабелей:

а, б — с помощью лампы, а — с помощью телефонных трубок, г — с использованием специального трансформатора

к первой из них подключают провод от батарейки. Затем присоединенным к лампе проводником поочередно касаются жил на другом конце кабеля. Если при касании к концу лампа загорается, значит он принадлежит той жиле кабеля, к которой присоединен провод от батарейки.

Эту же прозвонку можно выполнить без проводника, соединяющего оба конца кабеля (рис. 5.26, б). Такой же принцип прозвонки с применением мегомметра. Если он оказывается присоединенным к концам, принадлежащим одной и той же жиле, его стрелка устанавливается на нулевом делении шкалы.

Рассмотренные способы прозвонки удобны в том случае, если оба конца кабеля расположены недалеко друг от друга и ее может выполнить один человек. Если концы длинного отрезка кабеля находятся в разных помещениях здания или в разных зданиях, применяют наиболее универсальный способ прозвонки с помощью двух телефонных трубок (рис. 5.26, в). Телефонные и микрофонные капсулы в трубках соединяют последовательно, в эту цепь включают сухой элемент или аккумулятор напряжением 1...2 В. Этот

способ удобен также тем, что монтеры могут согласовывать свои действия, переговариваясь по телефону. На одном конце кабеля монтер присоединяет один проводник трубки к оболочке кабеля, а другой — к любой из его жил. На другом конце кабеля второй рабочий присоединяет один проводник трубки к оболочке кабеля, а другим проводником поочередно касается жил, держа трубку у уха. Когда в телефоне слышится щелчок и монтеры слышат друг друга, проводники трубки присоединены к одной жиле кабеля.

В некоторых случаях прозвонку выполняют с помощью специального трансформатора с несколькими отводами от вторичной обмотки (рис. 5.26, г). Начало обмотки подключают к заземленным оболочкам кабеля, а отводы — к его жилам. Далее записывают, какое напряжение подано на каждую из жил. Измерив напряжение между жилами и оболочкой на противоположном конце кабеля и пользуясь сделанными записями, нетрудно определить принадлежность концов к той или иной жиле и выполнить маркировку.

Для маркировки жил силовых кабелей используют отрезки виниловых трубок или специальные оконцеватели, на которых несмываемыми чернилами делают надписи.

### 5.16. Фазирование кабелей

Для повышения надежности электроснабжения потребителей, а также в случае, если мощности одного питающего кабеля недостаточно для нормальной работы электроустановки, применяют параллельную работу нескольких кабелей.

При этом параллельно проложенные кабели должны быть подключены к электрооборудованию с соблюдением порядка чередования фаз. Если это условие не будет соблюдено, то включение кабелей вызовет короткое замыкание.

Определение порядка чередования фаз для подключения кабелей на параллельную работу называется **ф а з и р о в а н и е м** к а б е л е й.

Пусть шины двух распределительных устройств (рис. 5.27) связаны между собой кабелем 1, по которому электроэнергия передается от РУ-1 к РУ-2. Для большей надежности электроснабжения параллельно работающему кабелю проложен кабель 2, причем его жилы также должны быть подключены к сборным шинам так, чтобы шина А в РУ-1 оказалась соединенной с шиной А в РУ-2. Это требование относится и к шинам В и С.

Затем проводят фазирование. В установках напряжением 380/220 В кабель фазируют с помощью вольтметра, рассчитанного на линейное напряжение сети. Кабель 2 в РУ-1 подключают к шинам посредством рубильника, а в РУ-2 вольтметром измеряют напряжение между одной из жил этого кабеля и той шиной, к которой предполагается присоединить данную жилу. Если вольтметр показывает линейное напряжение, это означает, что жила кабеля и шина распределительного устройства принадлежат к разным фазам и предполагаемое их соединение выполнить нельзя. Нулевое

показание вольтметра свидетельствует о том, что жила кабеля и шина имеют одинаковый потенциал и, следовательно, принадлежат к одной и той же фазе, а поэтому их соединение возможно. Точно так же фазируют две другие жилы кабеля. При отсутствии вольтметра можно воспользоваться двумя последовательно соединенными лампами накаливания с номинальным напряжением 220 В. По-

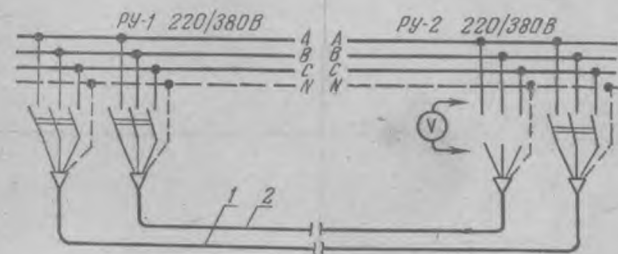


Рис. 5.27. Схема фазирования кабелей

нятно, что жила и шина, при включении между которыми лампы не горят, принадлежат к одной фазе.

Следует помнить, что кабели представляют собой значительную емкость, поэтому после фазирования, прозвонки и испытания кабеля на его жилах сохраняется значительное напряжение, вызванное остаточным емкостным зарядом. Поэтому после каждой подачи напряжения на кабель его необходимо разрядить путем соединения каждой жилы с системой заземления.

### 5.17. Техника безопасности при кабельных работах

#### А. Погрузка, выгрузка и перемещение барабанов с кабелем

Перекатывать барабаны с кабелем разрешается только по ровным горизонтальным площадкам. При этом рабочий должен находиться на стороне, противоположной направлению движения барабана.

Запрещается грузить на машину барабан с кабелем вручную, а также стоять перед барабаном или сбоку от него при погрузке или выгрузке.

Для погрузки и выгрузки кабеля следует применять исправные слезги одинаковой длины не менее 3 м, с захватами для крепления к борту и остриями для упора. Размеры слез должны быть не менее: квадратных — 180×190 мм; прямоугольных — 150×190 мм; круглых — диаметром 210 мм. Под середину слез устанавливают козлы.

При погрузке или выгрузке барабана автомашина должна стоять на тормозе с клиньями под колесами. Пол машины устилают досками толщиной 50 мм, уложенными вдоль кузова.

Под щеки погруженного на машину барабана подкладывают клинья, закрепленные гвоздями. С бортами автомашины барабан скрепляют расчалками из проволоки или троса.

Нахождение людей в кузове автомашины, перевозящей барабан с кабелем, не разрешается.

### *Б. Земляные работы*

Вскрытие подземных коммуникаций необходимо выполнять в присутствии прораба или мастера.

Образовавшиеся в грунте «kozyрки» и камни на откосах следует обрушивать (работчие при этом должны быть удалены из траншеи).

Котлованы и траншеи в населенных пунктах должны быть ограждены и иметь предупредительные дорожные знаки (в ночное время — фонари).

Перемещать и располагать механизмы, лебедки, кабельные барабаны и другие грузы можно только на расстоянии, большем, чем глубина траншеи.

Спускаться в траншею более 1 м глубиной следует только по наклонным стремянкам или лестницам.

### *В. Раскатка и монтаж кабелей*

При перекатке барабанов с кабелем необходимо принимать меры для того, чтобы выступающими частями барабана не захватывалась одежда рабочего. До начала перекатки с барабана следует удалить все выступающие гвозди.

Для раскатки кабеля барабаны должны быть установлены на тележки или исправные кабельные домкраты соответствующей грузоподъемности. Диаметр стальной оси барабана должен быть: не менее 60 мм при массе барабана до 24,5 кН (2500 кг); не менее 70 мм при массе до 34,4 кН (3500 кг); не менее 75 мм при массе до 49 кН (5000 кг).

Поднимать барабан необходимо равномерно обоими домкратами, не допуская повреждения шек и втулки барабана и сдвига оси с опор.

Прокладка кабеля может быть начата только после удаления из траншеи предметов, препятствующих работе (металлических прутьев, проволоки, досок и др.).

Работа по раскатке и прокладке кабеля без рукавиц запрещается.

На трассах, имеющих повороты, запрещается размещать рабочих внутри углов поворотов кабеля, а также поддерживать кабель на поворотах или оттягивать его вручную (для этой цели должны быть установлены угловые ролики). При переноске или прокладке кабеля вручную все работчие должны находиться по одну его сторону, масса кабеля, приходящаяся на одного рабочего, не должна превышать 0,344 кН (35 кг).

При раскатке кабеля с передвигающегося транспортера и авто-

машины принимать и укладывать кабель должны не менее двух человек.

Протягивание кабеля через проемы в стенах разрешается при условии, если работчие находятся по обе стороны стены. Поддерживать кабель на расстоянии менее 1 м от проема, входа в трубу или в отверстие в междуэтажном перекрытии запрещается.

Подъем, крепление и выправка кабеля, масса 1 м которого превышает 9,8 Н (1 кг), с приставных лестниц и лестниц-стремянки запрещается. Поднимать кабель на высоту более 2 м разрешается только с помощью механизмов.

При протягивании кабеля лебедками через трубные блоки, а также при одновременном подъеме или натягивании кабеля несколькими лебедками должна быть обеспечена четкая подача команд по радио, телефону или через связных рабочих.

Перекидка кабелей, находящихся под напряжением, разрешается только после их отключения и заземления.

### *Г. Работа в кабельных колодцах и туннелях*

Осмотр кабельных колодцев, туннелей, коллекторов, а также работа в них должна производиться не менее чем двумя рабочими (один человек может работать, если у люка дежурит рабочий из бригады). У открытого люка должен быть установлен предупредительный знак или ограждение.

Перед спуском в колодец или туннель следует специальным индикатором проверить воздух в них на отсутствие горючих и вредных для дыхания газов. Пользоваться для этой цели открытым огнем запрещается. Удаляют вредные газы из колодца нагнетанием в него чистого воздуха, для чего снаружи устанавливают вентилятор, рукав от которого опускают на глубину 0,25 м от дна колодца. Применять баллоны со сжатыми газами для вентиляции колодцев запрещается.

При работе в коллекторах и туннелях работчие должны находиться между двумя открытыми люками или дверями.

Через каждый час работы в колодце рабочий должен выходить на 10 мин на открытый воздух.

Освещать рабочие места в подземных сооружениях следует переносными лампами напряжением не выше 12 В или аккумуляторными фонарями.

Разжигать паяльные лампы, разогревать мастику и припой в кабельных колодцах не разрешается. Опускать в колодец разогретый припой и кабельную массу можно только в специальных бачках и кастрюлях, подвешенных к тросу диаметром не менее 3 мм, снабженному карабином.

Разжигать паяльные лампы и жаровни в туннелях и коллекторах разрешается, но при этом для ограждения пламени следует применять щитки из огнеупорного материала (вблизи рабочего места должна быть ткань из негорючего материала для тушения пожара).

#### Д. Соединение и оконцевание кабелей

Разогревать не вскрытые банки с кабельной массой запрещается.

Массу для заливки муфт следует разогревать на жаровне в специальной кастрюле с крышкой и носиком, при этом температуру подогрева следует контролировать по термометру. Массу ни в коем случае не следует доводить до кипения.

Передача кастрюли с горячей массой из рук в руки запрещается (для этой цели ее ставят, а затем поднимают с земли).

Во избежание попадания влаги в массу и разбрызгивания массы или припоя их перемешивают в кастрюле предварительно подогретым металлическим прутом или ложкой.

Разогревать, снимать и переносить кастрюли с массой или припоем, а также производить любые работы с ними следует в рукавицах и предохранительных очках.

При обезжиривании оболочки и брони бензином или ацетоном необходимо соблюдать правила технической и пожарной безопасности. Использовать для этой цели этилированный бензин запрещается.

#### Е. Работа с эпоксидным компаундом

Эпоксидные смолы обладают большим недостатком — токсичностью. Жидкие и не вполне отвердевшие эпоксидные компаунды, а также их пары и пары отвердителей оказывают раздражающее действие на кожу, глаза и верхние дыхательные пути. Поэтому при работе с эпоксидом требуется аккуратность и строгое соблюдение следующих правил.

К работе с эпоксидом допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и получившие разрешение врача. Периодический осмотр должен производиться не реже одного раза в год.

Лица, работающие с эпоксидными компаундами, должны быть хорошо проинструктированы об их токсичности, правилах безопасности и мерах профилактики. О проведении инструктажа производят запись в журнале производственного инструктажа.

Эпоксид и отвердитель следует хранить в закрытой таре в хорошо проветриваемых помещениях или вытяжных шкафах.

Сосуды с жидкими эпоксидными смолами должны быть всегда плотно закупорены и снабжены соответствующими надписями.

Все работающие с эпоксидом должны иметь резиновые медицинские перчатки, предохранительные очки, хлопчатобумажный халат с застежкой сзади, хлопчатобумажную шапочку, нарукавники и фартуки из текстуринилита. Вместо резиновых перчаток можно применять «биологические перчатки» — мазь, состоящую из 58,7 в. ч. этилового спирта (90%), 19,7 в. ч. казеина, 19,7 в. ч. глицерина и 1,9 в. ч. аммиака (25%).

Необходимо следить за чистотой рук, полотенца, спецодежды, рабочего места, инструмента и посуды.

При попадании капль эпоксиды или отвердителя на кожу следует немедленно смыть их теплой водой с мылом, а затем эти места обмыть трехпроцентным раствором уксусной или лимонной кислоты. После мытья руки следует осушить бумажным полотенцем равного пользования, затем смазать мягкой жирной мазью на основе ланолина, вазелина или касторового масла.

Запрещается хранение и прием пищи, а также курение в помещениях, где производятся работы с эпоксидом.

?

1. Почему для вертикальных и наклонных прокладок большой протяженности используют специальные марки кабелей?
2. Почему при перекатке барабана он должен вращаться только в направлении, указанном на нем стрелкой?
3. Для чего к кабелю крепят маркировочные бирки?
4. Почему при низких температурах прокладка кабеля допускается только после предварительного прогрева?
5. Укажите преимущества и недостатки блочной прокладки кабеля по сравнению с прокладкой непосредственно в земле.
6. Почему запрещается прокладка в помещениях силовых кабелей с защитным джутовым покрытием?
7. Почему ленты поясной изоляции следует при ступенчатой разделке обрывать у края герметической оболочки руками, а не отрезать их ножом?
8. Укажите области применения, сравнительные достоинства и недостатки различных типов соединительных кабельных муфт.
9. В каких случаях применяют концевые кабельные муфты наружной установки?
10. Перечислите основные меры безопасности при работе в кабельных колодцах.
11. Какие основные меры безопасности следует соблюдать при работе с кабельными массами и эпоксидными компаундами?

## Глава 6. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ И МЕРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

### 6.1. Общие сведения

Социалистическое государство одной из главных своих задач считает заботу об охране и постоянном улучшении здоровья трудящихся. Это обеспечивается широкой программой социально-экономических, технических и медицинских мероприятий, в число которых входят вопросы техники безопасности и промышленной санитарии.

В СССР надзор за состоянием техники безопасности возложен на государственные, профсоюзные и общественные органы.

Инженеры по технике безопасности осуществляют *государственный* контроль. Они следят за проведением мероприятий по созданию безопасных условий труда, по борьбе с травматизмом и авариями и подчиняются непосредственно директору (начальнику) и главному инженеру предприятия или стройки.

*Профсоюзный* контроль ведут технические инспекторы городских, областных, краевых и республиканских комитетов профсоюза. Технический инспектор занимается текущим надзором за выполнением правил техники безопасности и следит за правильностью выполнения организациями действий по охране труда.

Общественный контроль осуществляется комиссиями и общественными инспекторами по охране труда. Их основная задача состоит в том, чтобы привлечь членов профсоюза к активному участию в решении задач по улучшению условий труда и строгому соблюдению действующих законов, правил и норм техники безопасности. Они должны также проводить разъяснительную работу по охране труда среди рабочих, служащих и инженерно-технических работников.

## 6.2. Действие электрического тока на организм человека

Поражение электрическим током происходит при непосредственном прикосновении к токопроводящим частям, при недопустимом приближении к ним, в результате прикосновения к конструктивным металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением из-за повреждения изоляции, при возникновении напряжения шага и прочее.



Рис. 6.1. Схема поражения человека электрическим током

Реакция организма на действие тока и возможные последствия поражения зависят от многих факторов. Предположим, что человек, имеющий сопротивление  $r_{чел}$ , прикоснулся к токопроводящей части и оказался под напряжением  $U$

(рис. 6.1). Силу тока, проходящего в этом случае по телу человека, можно условно определить по закону Ома:

$$I_{чел} = \frac{U}{r_{чел}}$$

Из формулы следует, что чем ниже напряжение  $U$  и чем больше сопротивление тела человека  $r_{чел}$ , тем меньше сила поражающего тока. Поэтому для питания переносных электроприемников и местного освещения в помещениях с повышенной опасностью используют напряжение до 42 В, а в особо опасных помещениях — не выше 12 В. Большинство случаев электротравматизма происходит в устройствах напряжением 127, 220 и 380 В. Это объясняется тем, что обслуживание и ремонт электроустановок напряжением 6, 10, 35 кВ и более ведут высококвалифицированные специалисты, хорошо знающие правила безопасности, в то время как электроприборами напряжением ниже 1000 В пользуются в промышленности и в быту люди, подчас мало знакомые с основами электробезопасности. Сопротивление организма человека зависит от его индивидуальных особенностей и может колебаться от 1...2 до 100 кОм и более. Эта величина изменяется в зависимости от состояния здоровья человека, степени его физического и психического утомления, состояния кожного покрова и многих других причин. В расчетах по электробезопасности принимают наименьшую величину сопротивления тела человека  $r_{чел} = 1000$  Ом, то есть предполагают самый неблагоприятный случай.

На степень опасности поражения влияют также следующие факторы:

продолжительность воздействия тока на организм (чем больше времени человек находится под действием тока, тем больше опасность);

частота поражающего тока. Наиболее опасен переменный ток частотой 50...500 Гц. Переменные токи высокой частоты (более 5...10 кГц), а также постоянный ток при одной и той же силе примерно в 2...2,5 раза менее опасны;

степень уязвимости отдельных точек тела человека (особо уязвимыми являются некоторые участки на тыльной части рук, шеи, голени и др.);

путь протекания тока по телу. Наибольшая опасность возникает в том случае, когда ток проходит по жизненно важным органам (сердцу, легким, клеткам центральной нервной системы).

Прохождение тока через тело человека может вызвать следующие виды электрических травм. Электрический удар сопровождается шоком, в результате которого возможно расстройство кровообращения, дыхания, а также фибрилляция (беспорядочные подергивания отдельных волокон сердечной мышцы) или паралич сердца. Внешний признак фибрилляции и паралича сердца — отсутствие пульса. Электрические ожоги проникают глубоко в ткани, вызывают ожоговую болезнь и трудно излечиваются. Электрические знаки появляются после прохождения тока через тело в местах входа и выхода из него. Они представляют собой участок омертвевшей кожи в виде желтой мозоли с серой каймой (если поражение сильное, ткани в этом месте отмирают).

С учетом всех описанных особенностей воздействия тока на организм человека была разработана классификация поражающего переменного тока частотой 50 Гц:

*токи, не представляющие опасности для жизни* (силой до 0,01 А), либо вообще не ощущаются, либо вызывают безболезненные или почти безболезненные ощущения. Управление мышцами не утрачено, человек может самостоятельно освободиться от контакта с токопроводящими частями;

*токи, опасные для жизни* (силой 0,01...0,1 А) вызывают болезненные ощущения и сокращения мышц. При силе тока более 0,03 А утрачивается способность управлять мышцами и самостоятельно отсоединиться от токопроводящих частей. У верхней границы тока, опасного для жизни, возможна фибрилляция сердца и паралич дыхания;

*смертельные токи* (силой более 0,1 А) вызывают фибрилляцию, паралич сердца и дыхания.

Приведенная классификация довольно условна, и человек может быть поражен током и в том случае, если сила тока находится в безопасных пределах. Поэтому каждый человек, имеющий дело с электрооборудованием, должен строго соблюдать правила безопасности независимо от напряжения электроустановки.

### 6.3. Освобождение пострадавшего от действия тока в установках напряжением до 1000 В

Основными условиями успеха при оказании помощи пострадавшему являются быстрота действий, находчивость и умение подающего помощь.

Прикосновение к токопроводящим частям при достаточно большой силе тока вызывает судорожное сокращение мышц, и пострадавший не может самостоятельно освободиться от провода. Следовательно, первым действием по оказанию помощи должно быть *быстрое отключение части установки, которой касается пострадавший*.

Если пострадавший находится на высоте, отключение установки может привести к его падению; в этом случае перед отключением необходимо обезопасить падение.

Не всегда, однако, можно освободить пострадавшего от действия тока путем выключения участка цепи (отключающий аппарат находится далеко, в труднодоступном месте, в запертом помещении и т. д.). В этом случае прежде всего следует попытаться сухой доской, палкой, канатом или каким-либо другим предметом, не проводящим ток, сбросить провод с пострадавшего. Если это сделать невозможно, его *оттаскивают от токопроводящей части* за одежду (если она сухая и отстает от тела), например за полу пиджака или пальто, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела, не прикрытым одеждой. Оттаскивая пострадавшего за ноги, нельзя касаться его обуви без хорошей изоляции своих рук (обувь может быть сырой). Для этого оказывающий помощь должен надеть диэлектрические перчатки или обмотать руки шарфом, использовать суконную фуражку, рукав пиджака или пальто. Можно также изолировать себя, встав на сухую доску, изолирующую подстилку, сверток одежды. При отделении пострадавшего от токопроводящих частей рекомендуется действовать одной рукой.

Если отделение пострадавшего от токопроводящих частей затруднено, следует *перервать провода* топором, лопатой с сухой деревянной ручкой или сухой деревянной доской. Выполнять это нужно с особой осторожностью, не касаясь проводов и перерезая каждый из них в отдельности.

При несчастном случае на воздушной линии можно прекратить ее работу, *замкнув провода накоротко*. Для этого кусок голого провода достаточной длины заземляют, а затем набрасывают на провода воздушной линии.

Способы освобождения пострадавшего от действия тока (кроме отключения цепи аппаратурой) в той или иной степени сопряжены с определенной опасностью для оказывающего помощь, поэтому, выполняя свой гражданский долг по спасению человека, следует действовать быстро и решительно, но в то же время осмотрительно, соблюдая меры предосторожности.

### 6.4. Оказание первой помощи при электрическом ударе

Характер помощи человеку, пострадавшему от электрического удара, зависит от состояния, в котором он находится. Для определения этого состояния необходимо:

уложить пострадавшего на спину на твердую поверхность; проверить наличие дыхания по подъему грудной клетки или каким-либо другим способом;

проверить наличие пульса на лучевой артерии у запястья или на сонной артерии на передне-боковой поверхности шеи;

обратить внимание на зрачок (широкий зрачок указывает на резкое ухудшение кровоснабжения мозга).

Одновременно с этими действиями необходимо вызвать скорую медицинскую помощь.

Если пострадавший после обморока пришел в сознание, его следует уложить в удобное положение, подстелить под него что-нибудь и укрыть его. До прибытия врача необходимо обеспечить ему полный покой, непрерывно наблюдая за дыханием и пульсом. Нельзя позволять пострадавшему двигаться и тем более продолжать работу. Если нельзя быстро вызвать врача, пострадавшего доставляют в ближайшее лечебное учреждение.

Если пострадавший без сознания, но дыхание и пульс у него устойчивы, его следует ровно и удобно уложить, расстегнув стесняющую дыхание одежду, создать приток свежего воздуха, дать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать водой и обеспечить полный покой. Если пострадавший дышит судорожно и редко, ему делают искусственное дыхание и массаж сердца.

При очень тяжелых электрических ударах у пострадавшего могут отсутствовать признаки жизни (дыхание, пульс), однако считать его мертвым нельзя. Констатировать смерть имеет право только врач. Поэтому, не теряя ни секунды, следует приступить к выполнению искусственного дыхания и непрямому массажу сердца непосредственно на месте происшествия и делать их до тех пор, пока врач не решит вопрос о целесообразности дальнейших действий по оказанию помощи.

Искусственное дыхание заключается в том, что пострадавшему периодически вводится в легкие воздух, содержащий необходимый для организма кислород. Сравнительно новым и наиболее эффективным способом искусственного дыхания является способ «рот в рот» или «рот в нос». Достоинство этого способа в том, что в легкие пострадавшего поступает большое количество воздуха (поступление воздуха в легкие контролируется по видимому расширению грудной клетки).

Пострадавшего укладывают на спину, раскрывают ему рот и платком или концом рубашки удаляют слизь. Сильно сжатый рот открывают, выдвигая вперед нижнюю челюсть или вставив между коренными зубами плоский предмет. Для того чтобы гортань пострадавшего полностью раскрылась, подкладывают под его затылок одну руку, а другой — запрокидывают голову (для сохранения



этого положения под лопатки подкладывают валик из одежды). После этого зажимают ноздри пострадавшего, глубоко вдыхают воздух, прижимают рот ко рту пострадавшего и через марлю или носовой платок резко выдыхают в него воздух (рис. 6.2.). При правильном выполнении всех операций грудь пострадавшего должна подниматься. Выдох происходит самопроизвольно при опадании грудной клетки, но для обеспечения более глубокого выдоха можно слегка нажать на грудь пострадавшего. Искусственное дыхание



Рис. 6.2. Прием искусственного дыхания

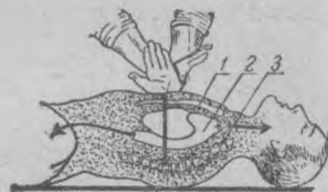


Рис. 6.3. Непрямой массаж сердца

«рот в нос» производят аналогично (используют в случаях, когда рот пострадавшего открыть не удалось).

Искусственное дыхание «рот в рот» можно выполнять с применением трубки особой формы, один конец которой вставляют в дыхательное горло пострадавшего, а через другой — вдувают воздух. Выходу воздуха обратно в полость рта во время вдувания препятствует резиновый фланец, расположенный примерно посередине трубки и плотно прижимаемый ко рту пострадавшего.

Независимо от того, как осуществляется искусственное дыхание, в минуту делают 10...12 вдуваний до полного восстановления дыхания или до прибытия врача. Во время оказания помощи важно наблюдать за лицом пострадавшего. Если он пошевелит губами, веками, или сделает глотательное движение, нужно проверить, не сделает ли он самостоятельного вдоха: при равномерном дыхании искусственное дыхание следует прекратить, если пострадавший по-прежнему самостоятельно не дышит, искусственное дыхание следует немедленно возобновить.

Непрямой массаж сердца выполняется одновременно с искусственным дыханием в случае, если у пострадавшего отсутствует пульс. Сущность этой операции (рис. 6.3) заключается в ритмичном сдавливании сердца 2 между костью грудины 1 и позвоночником 3. При сдавливании сердца кровь выталкивается в крупные сосуды, а когда давление прекращается, сердце вновь наполняется кровью: создаются благоприятные условия для восстановления кровообращения. Перед проведением массажа пострадавшего укладывают описанным выше способом и кладут обе ладони под прямым углом на грудь на расстоянии двух пальцев от ее конца. Надавливание производят быстрым толчком такой силы, чтобы

грудина опустилась на 4...5 см. Частота операции — примерно один толчок в секунду.

Если помощь оказывает один человек, то после 14...15 толчков он делает 2...3 вдувания, если двое, то вдувание воздуха делают через 3...4 надавливания.

При появлении признаков жизни (сужение зрачка, самостоятельное дыхание) искусственное дыхание прекращают, но продолжают массаж сердца до прибытия врача или еще 5...10 мин после появления пульса и начала самостоятельной работы сердца.

### 6.5. Первая помощь при тепловых ударах и ожогах

Тепловой или солнечный удар может произойти в том случае, когда человек длительно работает в жарком помещении (например, в кузнечном цехе, котельной), на солнцепеке или в душную безветренную погоду. Если человек в таких условиях почувствует внезапную слабость и головную боль, он должен быть немедленно снят с работы и выведен на свежий воздух или в тень. При появлении резких признаков недомогания (частый слабый пульс, бессознательное состояние, поверхностное и со слабыми стонами дыхание, судороги) пострадавшего надо перенести в прохладное место, уложить, раздеть, охладить тело, смочить голову и грудь, сбрызнуть холодной водой. Если резко расстроилось или прекратилось дыхание, необходимо начать искусственное дыхание.

Ожоги кожного покрова могут иметь различный характер — от легкого покраснения до тяжелого омертвения обширных участков кожи и более глубоких тканей. При тяжелых ожогах следует осторожно снять с пострадавшего одежду и обувь (при необходимости разрезать их). Нельзя касаться руками обожженного участка кожи или смазывать его какими-либо мазями и растворами. Обожженную поверхность нужно покрыть стерилизованным материалом из перевязочного пакета или чистой глаженной полотняной тряпочкой, сверху положить слой ваты и не туго перевязать бинтом. После этого пострадавшего направляют в лечебное учреждение.

### 6.6. Защитные средства

К защитным средствам относят приборы, аппараты, переносные приспособления и устройства, предназначенные для защиты человека от поражения электрическим током, ожогов дугой, механических повреждений, отравлений, падений с высоты и т. д.

Важнейшую группу защитных средств представляют так называемые изолирующие защитные средства. Известно, что сила поражающего тока зависит от сопротивления цепи, по которой он течет. Это сопротивление резко возрастает, если работающий стоит на каком-либо основании из высококачественного диэлектрика или прикасается к токопроводящим частям в резиновых перчатках.

Все изолирующие защитные средства делят на основные и дополнительные. К *основным* относят защитные средства, с изоляцией, надежно выдерживающей рабочее напряжение электроустановки и допускающей прикосновение человека к ее токопроводящим частям. *Дополнительные* защитные средства сами по себе не обеспечивают полной безопасности и являются дополнительной (к основным средствам) мерой защиты. Дополнительные средства служат защитой от напряжений прикосновения и шага, воздействия электрической дуги и т. д. Классификация основных и дополнительных защитных средств производится в зависимости от рабочего напряжения электроустановки.

Для работы в электроустановках напряжением выше 1000 В используют основные защитные средства — оперативные и измерительные штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие приспособления и устройства (лестницы, площадки, тяги, звенья телескопических вышек и т. д.). Дополнительными защитными средствами в таких установках являются диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и изолирующие подставки.

Для работы в электроустановках напряжением до 1000 В основными защитными средствами служат диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, указатели напряжения и изолирующие клещи, а дополнительными — диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки.

Рассмотрим более подробно устройство и область применения некоторых изолирующих защитных средств.

*Изолирующие штанги* (рис. 6.4, а) из прочного и высококачественного диэлектрика состоят из изолирующей части, ограничительного кольца и ручки-захвата. С помощью штанг включают и выключают разъединители, производят измерения и очищают от пыли части электроустановки, не отключая напряжение.

*Изолирующие клещи* (рис. 6.4, б) состоят из двух частей, каждая из которых имеет изолирующую рабочую часть (губку), ограничительное кольцо и ручку-захват. Клещи служат для замены предохранителей ПК и выполнения некоторых других операций.

*Токоизмерительные клещи* (рис. 6.4, в) представляют собой переносный трансформатор тока с разъемным сердечником, вторичной обмоткой и амперметром. Токопроводящую часть (провод или шину), играющую роль первичной обмотки, вводят внутрь сердечника и производят измерение силы тока. Клещами пользуются в установках напряжением до 10 кВ. Измерение производят в резиновых перчатках, держа клещи на весу и не нагибаясь к прибору.

*Указатель напряжения выше 1000 В* (рис. 6.4, г) представляет собой изолирующую штангу с вмонтированным в нее индикатором напряжения (неоновой лампой). Во избежание ошибок и опасности поражения перед каждым использованием указателя следует убедиться в его исправности. Для этого его подносят к частям установки, на которых заведомо есть напряжение, и, убедившись, что индикатор исправен, подносят конец указателя к испытываемой то-

копроводящей части. Все операции с указателями напряжения выше 1000 В выполняют в диэлектрических перчатках. Для напряжения до 500 В используют указатели (токоискатели) типа ТИ-2, УНН-90 или МИН-1 с неоновой лампой в качестве индикатора. Лампа и ограничительный добавочный резистор вмонтированы в щупы, которыми касаются токопроводящих частей (рис. 6.4, д).

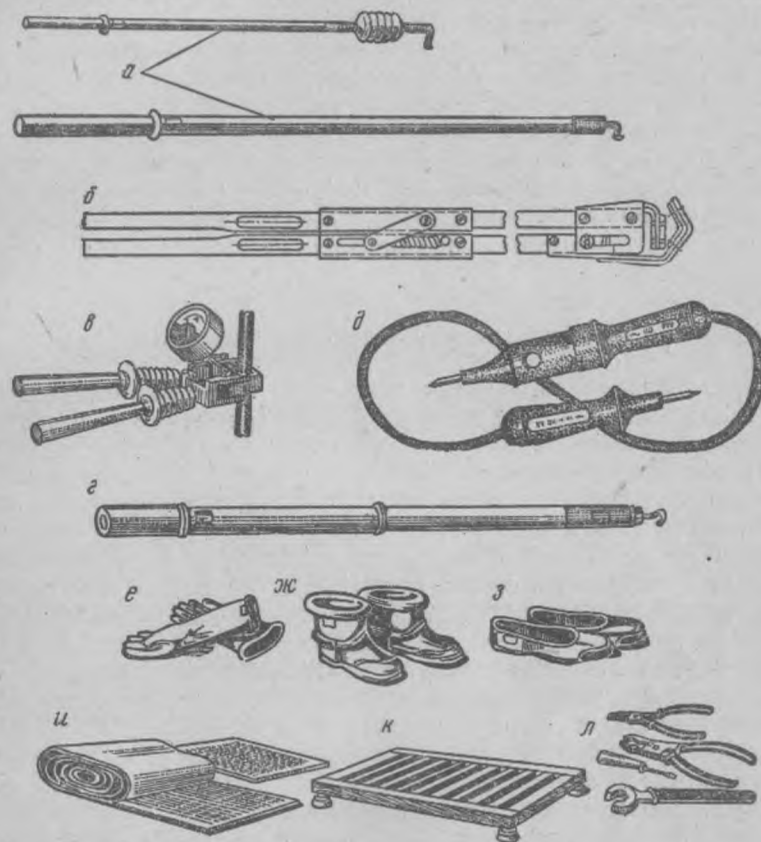


Рис. 6.4. Защитные диэлектрические средства:

а — штанги, б — изолирующие клещи, в — токоизмерительные клещи, г — указатель напряжения выше 1000 В, д — указатель напряжения до 1000 В, е — перчатки, ж — боты, з — галоши, и — коврики, к — изолирующая подставка, л — монтерский инструмент с изолирующими рукоятками

*Резиновые диэлектрические перчатки, боты, галоши и коврики* (рис. 6.4, е, ж, з, и) изготавливают из высококачественной электротехнической резины. Эти средства применяют для изоляции человека от токопроводящих частей или земли.

*Изолирующая подставка* (рис. 6.4, к) — это сухой деревянный настил размером 0,5×0,5 м, укрепленный на опорных изоляторах. Используется для дополнительной изоляции рабочего от земли при

операциях с предохранителями, разъединителями, силовыми выключателями и т. д.

Изолирующие рукоятки рабочего инструмента (рис. 6.4, л) обязательно должны иметь ограничивающий упор и гладкое ударостойкое изоляционное покрытие длиной не менее 10 см.

Изолирующие защитные средства полностью обеспечивают безопасность электротехнического персонала при условии, что они используются в полном объеме, правильно и по назначению. Например, для отключения разъединителя напряжением 10 кВ следует воспользоваться изолирующей штангой того же напряжения как основным защитным средством. Рабочий при этом должен надеть перчатки или боты и встать на изолирующий коврик или подставку. Использовать в этом случае только дополнительные защитные средства даже в совокупности (перчатки, боты, коврики и подставку одновременно) и не воспользоваться основным средством (изолирующей штангой) — грубое нарушение правил техники безопасности.

### 6.7. Испытание, хранение и использование защитных средств

Каждый вид изолирующего защитного средства рассчитан на определенное напряжение и после изготовления его испытывают на заводе-изготовителе. Однако изолирующие свойства защитных средств с течением времени ухудшаются. Это происходит из-за постепенного снижения качества изоляционных материалов (бакелита, резины, дерева и других), а также вследствие механических повреждений.

Поэтому, кроме заводских испытаний, все защитные средства периодически подвергают повторным проверкам, позволяющим определить возможность их дальнейшего использования. Заводские и эксплуатационные испытания проводят в соответствии с «Правилами пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках». В них указываются сроки испытаний и методы их проведения, способы использования и хранения защитных средств, нормы комплектования защитными средствами различных электроустановок, приводятся образцы документов, которые заполняют при эксплуатации защитных средств и т. д. В соответствии с этими правилами в табл. 6.1 приведены нормы и сроки эксплуатационных электрических испытаний наиболее часто применяемых защитных средств.

После испытания на защитное средство (кроме инструмента с изолированными рукоятками) ставят штамп, в котором указывают номер средства, напряжение электроустановки, где возможно его применение, дату следующего испытания и название лаборатории, производившей проверку. Все эти сведения выбивают клеймом, наносят прочной несмываемой краской или пишут на плотной бумаге, которая затем приклеивается около ограничительного кольца штанг, изолирующих клещей или у края резиновых изделий.

Таблица 6.1

Защитное средство	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытания, мин	Срок периодического испытания
Изолирующие штанги напряжением ниже 110 кВ	Трехкратное линейное напряжение, но не менее 40	5	1 раз в 2 года
Измерительные штанги напряжением ниже 110 кВ	То же	5	В сезон измерений 1 раз в 3 мес., но не реже 1 раза в год
Изолирующие клещи напряжением 1...35 кВ	То же	5	1 раз в 2 года
То же напряжением до 1000 В	То же	5	1 раз в год
Токоизмерительные клещи напряжением до 10 кВ	Трехкратное линейное напряжение, но не менее 40	5	1 раз в год
Токоизмерительные клещи напряжением до 600 В	2	5	1 раз в год
Указатели напряжения напряжением ниже 110 кВ	Трехкратное линейное напряжение, но не менее 40	5	1 раз в год
Указатели напряжения напряжением ниже 500 В	1	1	»
Инструмент с изолирующими рукоятками напряжением до 1000 В	2	1	»
Перчатки резиновые диэлектрические напряжением до 1000 В	2,5	1	»
Боты напряжением выше 1000 В	6	1	1 раз в 6 мес.
Галоши резиновые диэлектрические	15	1	1 раз в 3 года
Коврики резиновые диэлектрические	3,5	1	1 раз в год
Коврики резиновые диэлектрические напряжением до 1000 В*	3	1	1 раз в 2 года
Коврики резиновые диэлектрические напряжением выше 1000 В*	15	1	1 раз в 2 года
Изолирующие подставки напряжением до 10 кВ	Испытывают только после изготовления напряжением 40	1	Осмотр 1 раз в 2 года

\* Испытывают их, протягивая со скоростью 2—3 см/с между цилиндрическими электродами.

В распределительных устройствах защитные средства хранят в специально отведенных местах, оборудованных крючками, стеллажами и шкафами, а непригодные и неисправные защитные средства списывают.

В заключение приведем основные правила использования защитных средств.

Пользоваться диэлектрическими защитными средствами можно только по их прямому назначению и в электроустановках напряжением не выше того, на которое эти средства рассчитаны.

Все основные изолирующие защитные средства рассчитаны на применение только в сухую погоду. Запрещается применять их на открытом воздухе во время дождя, снега и тумана.

Перед каждым употреблением защитного средства электротехнический персонал обязан:

проверить его исправность и отсутствие внешних повреждений (резиновые перчатки проверяют на отсутствие проколов и трещин путем скручивания их по направлению к пальцам);

очистить и обтереть его от пыли;

проверить по штампу, для какого напряжения оно предназначено и не истек ли срок его периодического испытания.

Пользоваться защитными средствами, срок испытания которых истек, запрещается.

#### 6.8. Плакаты по технике безопасности

В число защитных средств входят специальные предупредительные плакаты. В соответствии с назначением они бывают предупреждающими, запрещающими и напоминающими. Материал, размеры и расцветка фона, букв и знаков указаны в ГОСТах, область применения предписана «Правилами». По характеру применения плакаты могут быть постоянными и переносными.

Содержание и область применения плакатов по технике безопасности приведены в табл. 6.2.

#### 6.9. Организация обучения правилам техники безопасности

На всех промышленных предприятиях, стройках и других производственных подразделениях работники обязаны знать безопасные приемы и способы работ, поэтому в СССР существует такой порядок приема на работу, при котором работник может быть допущен к выполнению своих обязанностей только после прохождения системы инструктажей по технике безопасности. Она включает вводный и производственные инструктажи (на рабочем месте, периодический и внеочередной).

Вводный инструктаж проводит инженер по технике безопасности (в его отсутствие главный инженер) со всеми рабочими и служащими до их приема на работу. Знакомят их с причинами травматизма, правилами передвижения по территории стройки или предприятия, правилами транспортирования грузов, организацией












Рисунок плаката	Тип, место и условия применения
	<p style="text-align: center;"><i>Предостерегающие плакаты</i></p> <p>Плакат постоянный, укрепляется на наружной стороне дверей распределительных устройств и на сетчатых ограждениях токоведущих частей напряжением выше 1000 В, расположенных в производственных помещениях</p>
	<p>Плакат постоянный, укрепляется на наружной стороне распределительных устройств, щитов и сборок напряжением до 1000 В</p>
	<p>Плакат переносный, вывешивается в закрытых распределительных устройствах напряжением выше 1000 В на ограждениях ячеек, соседних с местом работы. На открытых распределительных устройствах плакат укрепляется так, чтобы путь к соседним токоведущим частям был закрыт</p>
	<p>Плакат переносный, вывешивается на конструкциях открытого распределительного устройства, соседних с той, которая предназначена для подъема к месту работы</p>
	<p>Плакат переносный, вывешивается на ограждениях и конструкциях в электроустановках напряжением до 1000 В</p>
	<p>Плакат постоянный, укрепляется на опорах воздушных линий электропередачи напряжением выше 1000 В на высоте 2,5...3 м от земли</p>

Рисунок плаката	Тип, место и условия применения
	<p align="center"><i>Запрещающие плакаты</i></p> <p>Плакат переносный, вывешивается на ключах управления и рукоятках (штурвалах) приводов выключателей и разъединителей, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение к месту, где работают люди</p>
	<p>Плакат переносный, вывешивается на ключах управления и рукоятках (штурвалах) приводов линейных выключателей и разъединителей, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на линию, где работают люди</p>
	<p align="center"><i>Разрешающие плакаты</i></p> <p>Плакат переносный, вывешивается в закрытых распределительных устройствах на местах работ, а также в тех местах открытых распределительных устройств, где рабочие должны входить в огражденное пространство</p>
	<p>Плакат переносный, вывешивается на конструкциях открытого распределительного устройства, по которым обеспечен безопасный подъем к месту работы</p>
	<p align="center"><i>Напоминающие плакаты</i></p> <p>Плакат переносный, вывешивается на ключах управления и рукоятках (штурвалах) разъединителей, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на заземленный участок схемы</p>

рабочего места, основными правилами электробезопасности и личной гигиены и т. д. После этого отдел кадров оформляет приказ о назначении на работу и направляет работника в распоряжение администрации участка.

Производственный инструктаж на рабочем месте проводится прорабом или мастером. Уточняются безопасные подходы к рабочему месту, правильные приемы работы, методы использования инструментов, машин и механизмов, оговариваются правила безопасности при совместной работе с другими организациями и т. д.

Не реже одного раза в три месяца (если местными инструкциями не предусмотрены более короткие сроки) проводят *производственный повторный* инструктаж, углубляющий знания по отдельным вопросам техники безопасности, связанным с особенностями предстоящих работ. Если при проведении периодического инструктажа выявлено слабое знание отдельными рабочими инструкций или памяток по технике безопасности, инструктирующий обязан дать все необходимые разъяснения и показать на рабочем месте безопасные приемы работы.

*Производственный внеочередной* инструктаж должен проводиться при переводе работника в другой цех, на другой объект или на другую работу, при несчастном случае или профзаболевании, а также при нарушении рабочим правил техники безопасности.

Проведение всех инструктажей фиксируют в специальных журналах по утвержденной форме. Правила техники безопасности изучают также на специальных курсах или в учебных комбинатах по типовым программам. Администрация предприятия обязана организовать такое обучение не позднее, чем в трехмесячный срок со дня поступления рабочего на работу (до этого она не имеет права поручать работнику особо опасные и ответственные работы). После окончания курсов или учебного комбината обучавшиеся сдают экзамен квалификационной комиссии, куда входят главный инженер или уполномоченное им лицо (председатель), инженер по технике безопасности, прораб или мастер участка, представитель комитета профсоюза, а также (если это необходимо) представители Госгортехнадзора и энергоснабжающей организации. По результатам экзаменов каждому работнику присваивается квалификационная группа по технике безопасности и выдается именное удостоверение. Квалификационная характеристика и требования к рабочему, получающему одну из пяти квалификационных групп, подробно изложены в «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Вторично курсовое обучение может не проводиться, однако работники проходят ежегодную проверку знаний по технике безопасности.

#### 6.10. Технические мероприятия по технике безопасности при работе в действующих электроустановках

По степени опасности все работы в электроустановках делят на следующие группы.

*Работа без снятия напряжения, выполняемая вдали от токопроводящих частей, находящихся под напряжением*, исключает случайное приближение людей к токопроводящим частям на опас-

ное расстояние. Выполнение ее не требует предварительного отключения оборудования или принятия других технических и организационных мер безопасности.

*Работа без снятия напряжения, выполняемая вблизи и на токопроводящих частях*, не исключает возможность прикосновения к токопроводящим частям, поэтому требует принятия специальных технических и организационных мероприятий для обеспечения безопасности.

*Работа с частичным снятием напряжения* характеризуется тем, что напряжение снято только с того приспособления, где ведется работа, или оно снято полностью, но открыт доступ в соседние помещения, где токопроводящие части находятся под напряжением.

*Работа с полным снятием напряжения* предполагает снятие со всех элементов электроустановки напряжения и закрытие доступа в соседние помещения, где под напряжением находятся токопроводящие части.

Рассмотрим технические мероприятия, которые осуществляют для подготовки безопасного рабочего места при монтажных и ремонтных работах с частичным или полным снятием напряжения.

*Отключению токопроводящих частей* подлежит оборудование и токопроводящие части, доступные для случайного прикосновения или приближения на опасное расстояние менее 0,7 м (в установках напряжением до 15 кВ включительно). После отключения создается видимый разрыв цепи разъединителями, выключателями нагрузки, снятыми предохранителями или частями ошиновки, а в установках напряжением до 1000 В — рубильниками. Если отключение выполняется контакторами или магнитными пускателями, принимают меры против их ошибочного включения: снимают предохранители в цепи управления или отсоединяют концы включающих катушек.

*Вывешивание запрещающих плакатов и ограждение неотключенных токопроводящих частей.* Запрещающие плакаты вывешивают и снимают лишь по распоряжению лица, ответственного за безопасное ведение работ (диспетчера или дежурного электросети). Неотключенные и доступные случайному прикосновению токопроводящие части на время работ ограждают сухими, хорошо укрепленными изолирующими накладками (из дерева, миканита, гетинакса, текстолита, резины и т. д.), на которые навешивают соответствующие предостерегающие плакаты. Монтажному или ремонтному персоналу во время работы переставлять или убирать ограждения и плакаты категорически запрещается.

*Проверка отсутствия напряжения* производится после снятия напряжения с токопроводящих частей (проверяется его отсутствие между всеми фазами, между каждой фазой и заземлением и между каждой фазой и нулевым проводом). Для проверки используют указатели и токоискатели, рассчитанные на соответствующее напряжение. Делать заключение об его отсутствии по показаниям сигнальных ламп или вольтметров, являющихся частью электроустановки, запрещено.

наряд дежурному. Дежурный закрывает наряд и готовит электроустановку к включению: снимает переносные заземления и подсчитывает их количество, снимает переносные разрешающие плакаты и временные ограждения, устанавливает на место постоянные ограждения и плакаты, снимает остальные переносные плакаты и запирает электроустановку.

Подачу напряжения производит оперативный персонал после того, как из сообщений всех прорабов или ответственного руководителя точно известно, что работы окончены, бригады удалены и заземления сняты.

## **6.12. Пожароопасные свойства строительных материалов и основные правила пожарной безопасности**

Пожароопасные свойства строительных материалов и изготовленных из них деталей и конструкций характеризуются возгораемостью и огнестойкостью. *Возгораемость* — это способность конструкции гореть или не гореть при воздействии на нее огня. По этому признаку конструкции делят на негоряемые, трудногоряемые и сгораемые.

К *несгораемым* строительным материалам относят природные каменные материалы (песок, гравий, известняк, гранит, мрамор и т. д.) и изделия из них. В эту группу входят также искусственные строительные материалы: кирпич, керамические пустотелые камни, бетонные и керамические изделия.

*Трудногораемые* строительные материалы представляют собой сочетание негоряемых и сгораемых материалов. В эту группу входят асфальтобетон, гипсовые и бетонные материалы, содержащие более 8% (по массе) органического заполнителя, а также древесина, пропитанная антипиренами, и войлок, смоченный в глиняном растворе.

*Сгораемые* материалы — это дерево и пластмассы, отделочные материалы с применением дерева и различных полимерных веществ, минераловатные плиты с битумной связкой, торфяные, пробковые, древесноволокнистые и стружечные плиты, полистирол, полиэтиленовые пленки, стеклопластик и т. д.

К *огнеопасным* работам на строительной площадке относят все работы, выполняемые с использованием открытого пламени (электрическая и газовая сварка, резка металлов, варка битума, паяние и др.). Они наиболее опасны в пожарном отношении и поэтому должны выполняться с соблюдением особых мер предосторожности. К числу основных мер пожарной безопасности относят следующие.

К *огнеопасным* работам допускаются лица, прошедшие специальное обучение и имеющие квалификационное удостоверение.

Разрешение на производство огнеопасных работ дает только начальник стройки, главный инженер или лица, их заменяющие.

При выполнении временных огнеопасных работ на открытой строительной площадке следует применять переносные негоряе-

мые ограждения для защиты сгораемых конструкций от искр, электрической дуги или открытого пламени.

Места установки сварочных трансформаторов и агрегатов, а также места производства огневых работ должны быть очищены от горючих материалов и мусора в радиусе не менее 5 м.

В наиболее пожароопасных местах, а также при большом объеме сварочных работ необходимо выставлять пожарные посты из обслуживающего персонала, добровольной пожарной дружины или лиц пожарной охраны. После окончания сварочных работ следует тщательно проверить рабочее место, нижележащие площадки и детали сооружения для обнаружения скрытых очагов загорания.

Места варки и разогрева мастик и битума необходимо удалять от деревянных строений не менее чем на 50 м. Около каждого варочного котла должен быть комплект противопожарных средств (пенные огнетушители, песок, лопаты).

Большую роль в осуществлении противопожарных профилактических мер играют *добровольные противопожарные дружины* (ДПД). Это добровольные организации, создаваемые на стройках, промышленных предприятиях и других объектах и призванные на общественных началах проводить работу по предотвращению и тушению пожаров и совершенствованию мероприятий пожарной безопасности. Члены ДПД обязаны соблюдать строгий противопожарный режим, проводить разъяснительную работу о мерах пожарной безопасности, правилах тушения пожаров, наблюдать за состоянием средств пожаротушения, а также активно участвовать в ликвидации пожаров.

### 6.13. Причины возникновения пожаров и правила их тушения

Основные причины возникновения пожара на строительстве — это нарушение установленных правил пожарной безопасности при использовании приборов отопления, огневых приборов, неправильное хранение и транспортирование горючих жидкостей и газов, нарушение правил эксплуатации электрических машин и механизмов и др.

Для предупреждения пожаров необходимо выполнять основные общие правила пожарной безопасности, в том числе:

огнедействующие установки и отопительные приборы должны быть надежно изолированы от сгораемых конструкций и материалов, режим их работы должен строго соответствовать правилам пожарной безопасности;

при выполнении огневых работ следует создать условия, обеспечивающие пожарную безопасность;

самовозгорающиеся вещества должны быть изолированы от других веществ и материалов с соблюдением установленных правил их безопасного хранения;

электрооборудование и электропроводку нужно содержать в исправном состоянии, обращая особое внимание на правильную работу защитных аппаратов;

промасленные обтирочные материалы необходимо собирать в специально отведенные для этой цели места;

рабочие и служащие обязаны строго соблюдать установленный порядок при пользовании открытым огнем и курении;

запрещается транспортирование огнеопасных жидкостей и растворов в открытых емкостях (ведрах, баках и т. п.).

При обнаружении пожара на строительном-монтажном объекте необходимо немедленно сообщить об этом в пожарную часть или в добровольную пожарную дружину. Если стройка оборудована электрической пожарной сигнализацией, нужно привести в действие пожарный извещатель (разбить стекло, нажать кнопку и дождаться ответного гудка или сообщения о том, что сигнал принят).

Необходимо помнить, что пожар легче ликвидировать в самом начале, поэтому как только обнаружен его очаг, нужно приступить к тушению имеющимися средствами (огнетушителями, водой, песком, стационарными огнегасительными устройствами). В задымленном помещении возле пола дыма меньше, поэтому перемещаться следует согнувшись; облегчает дыхание смоченный водой платок. Если в помещении находятся люди, которые не могут самостоятельно покинуть его, необходимо в первую очередь оказать им помощь. Все лица, находящиеся вблизи возникшего пожара, должны принять участие в его ликвидации, эвакуации из опасной зоны людей и материальных ценностей. После прибытия пожарной части к месту пожара члены ДПД, рабочие и служащие поступают в распоряжение руководителя тушения пожара и выполняют его указания.

? 1. Почему даже незначительный ток, проходящий по телу человека, может привести к тяжелой электрической травме? 2. Объясните, почему попавшего под напряжение следует освободить от действия тока как можно быстрее? 3. Какую роль играют изоляционные защитные средства в обеспечении безопасности человека, работающего в электроустановке? 4. Почему использование даже большого количества дополнительных изоляционных защитных средств не может заменить применения основного защитного средства? 5. С какой целью работникам энергетического профиля присваивают квалификационные группы по технике безопасности?

## Глава 7. УСТРОЙСТВО И ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### 7.1. Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором

Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором состоит из двух основных частей — статора и ротора.

Статор электрического двигателя (рис. 7.1) предназначен для создания магнитного поля. Сердечник статора 1 набирают из отдельных отштампованных изолированных между собой листов

электротехнической стали, которые спрессовывают и стягивают стальными скобами 2. При наборе листов статора в пакет высечками в отдельных листах образуются продольные пазы 3, в которые укладываются три обмотки, сдвинутые на 120°. Для изоляции проводников обмоток от сердечника внутреннюю поверхность па-

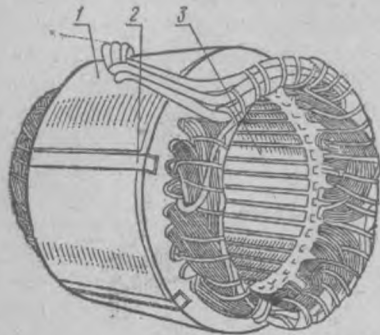


Рис. 7.1. Статор асинхронного электродвигателя

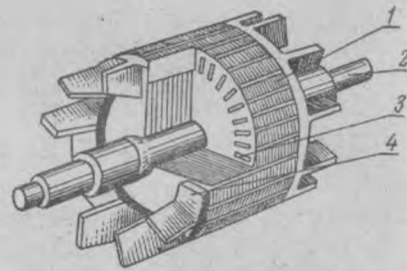


Рис. 7.2. Короткозамкнутый ротор

зов выкладывают слоем *изоляция* состоящей из электротехнического картона и лакоткани.

Ротор (рис. 7.2) — *вращающаяся* деталь машины, обычно расположенная внутри *статора*. Он состоит из стального сердечника 1, набранного из *листов* электротехнической стали и укрепленного на валу 2. Сер-

дечник имеет продольные отверстия, которые в машине литья под давлением заливают алюминием. В результате этой операции образуется *обмотка* — *беличья клетка ротора*, состоящая из алюминиевых стержней 3, закороченных с обоих торцов ротора алюминиевыми кольцами 4.

Для того чтобы уяснить принцип работы асинхронного двигателя, обратимся к рис. 7.3, на котором схематически изображены статор 1 и ротор 2. При включении обмоток статора в сеть трехфазного тока создается вращающееся магнитное поле, изображенное на рисунке штриховыми линиями. Вращаясь с

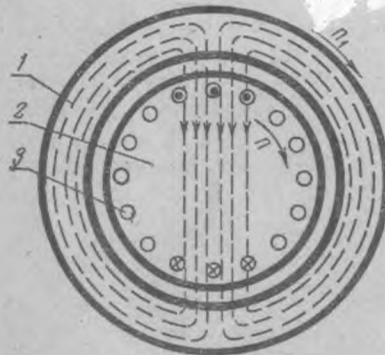


Рис. 7.3. Принцип работы асинхронного электродвигателя

частотой  $n_1$ , оно пересекает стержни беличьей клетки 3 и индуцирует в них токи, направление которых зависит от направления магнитного поля. Если на рисунке поле вращается по часовой стрелке, то, согласно правилу правой руки, ток в верхней части ротора течет по направлению к нам, а в нижней — от нас. Из электротехники известно, что на проводник с током, расположенный в магнитном по-

ле, действует электромагнитная сила, под влиянием которой незакрепленный проводник способен перемещаться. В данном случае на проводники беличьей клетки действуют электромагнитные силы (их направление легко определить по правилу левой руки), создающие вращающий момент и заставляющие ротор вращаться в ту же сторону, что и магнитное поле статора. Ротор всегда вращается с некоторой установившейся частотой  $n$ , которая не совпадает (меньше) с

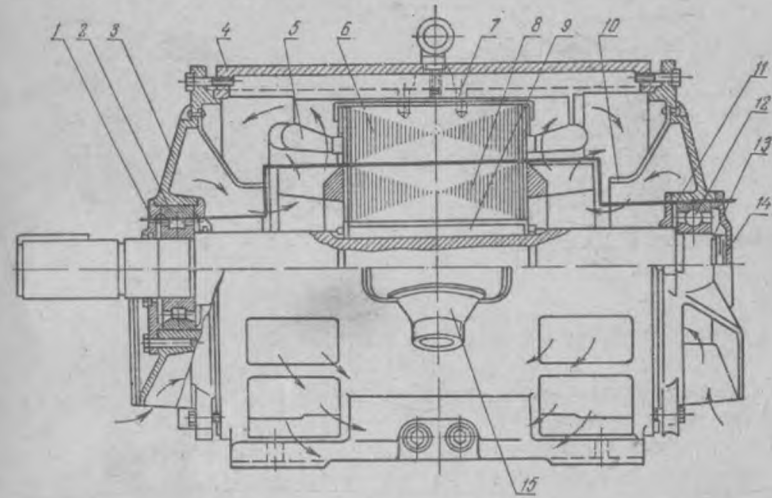


Рис. 7.4. Асинхронный электродвигатель

частотой вращения магнитного поля статора и поэтому называется асинхронной. Если бы частоты вращения ротора и магнитного поля были одинаковыми, ток в беличьей клетке не индуцировался бы и вращающий момент отсутствовал. Отставание ротора от вращающегося магнитного поля статора называется скольжением и выражается в процентах. Величина скольжения подсчитывается по формуле

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100, \%$$

Для подробного ознакомления с конструкцией трехфазных электродвигателей рассмотрим разрез брызгозащищенного электродвигателя (рис. 7.4). Статор 6 с обмотками 5 впрессован в станину 4 и закреплен в ней штифтами 7. Наружная поверхность станины имеет продольные ребра для улучшения охлаждения. Сердечник ротора 8 насажен на вал двигателя и закреплен на нем шпонкой 9. На шейки вала надеты роликовый 2 и шариковый 12 подшипники, которые защищены от попадания пыли внутренними 11 и наружными 1 и 14 крышками. (Конструкция роликового подшипника предотвращает его заклинивание при удлинении вала вследствие нагрева.) Пружинное кольцо 13 служит для удержа-



ния внутренней обоймы шарикоподшипника в определенном положении на валу. Циркуляция охлаждающего воздуха создается крыльчаткой вентилятора, который отливается совместно с обмоткой ротора. Воздух поступает через отверстия в нижней части подшипниковых щитов 3 и с помощью направляющих перегородок 10 направляется к лобовым частям обмоток, а затем выбрасы-

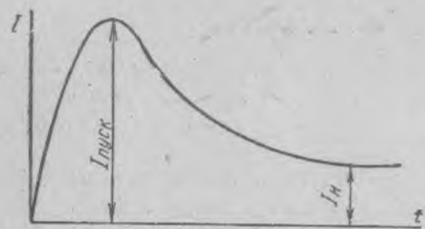


Рис. 7.5. График пускового тока

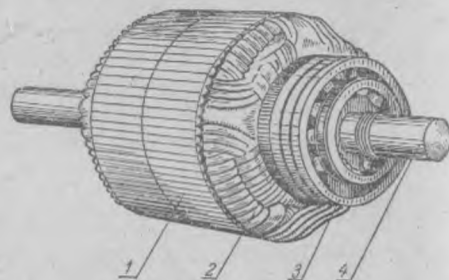
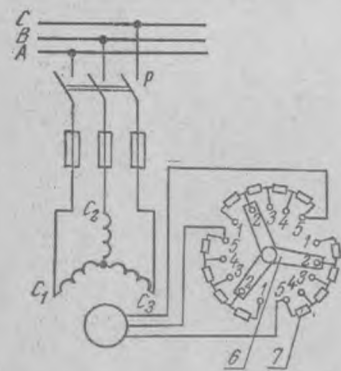


Рис. 7.6. Фазный ротор

вается через отверстия в нижней части станины. Для подключения электродвигателя к сети на его корпусе закреплена клеммная коробка 15 с зажимами.

Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором благодаря простоте конструкции и низкой стоимости получил широкое применение. Отсутствие вращающихся обмоток и скользящих контактов обеспечивает его высокую надежность в работе. Недостатками двигателя являются невозможность плавного регулирования частоты вращения, низкий коэффициент мощности при малых нагрузках и большие пусковые токи (особенно у машин большой мощности).



7.7. Схема пуска асинхронного двигателя с фазным ротором

В момент включения двигателя, когда его ротор еще неподвижен или вращается медленно, вращающееся магнитное поле статора пересекает обмотку ротора с наибольшей частотой и поэтому в ней, а также в обмотках статора текут большие токи, которые называют *пусковыми*. Их величина и длительность зависят от конструкции двигателя и характера приводимого им механизма. У электродвигателей малой

мощности, приводящих в действие механизмы с малым моментом инерции, пуск не вызывает значительного броска пускового тока. Пуск двигателей, приводящих в действие тяжелые механизмы, может длиться до 45 с и сопровождается токами, превышающими номинальный ток двигателя в 5...7 раз. Характер изменения тока

двигателя при его пуске показан на рис. 7.5. Резкие толчки пускового тока приводят к понижению напряжения в питающей сети, а это отрицательно сказывается на работе других силовых и осветительных электроприемников, особенно люминесцентных ламп, если они включены в ту же сеть.

## 7.2. Трехфазный асинхронный электродвигатель с фазным ротором

Электродвигатели с фазным ротором (иногда их называют двигателями с контактными кольцами) применяют, если требуется плавный пуск механизма без больших пусковых токов и регулирование частоты вращения.

Статор такого электродвигателя принципиально не отличается от статора короткозамкнутого двигателя, а ротор (рис. 7.6) состоит из стального сердечника 1 с продольными пазами, в которые уложены три обмотки 2, сдвинутые на угол 120°. Концы этих обмоток соединены в звезду, а начала подключены к контактным кольцам 3, закрепленным на валу 4 двигателя. Кольца изолированы от вала и не имеют электрического контакта друг с другом. В собранном двигателе к ним прижаты неподвижные щетки, закрепленные на станине или боковой крышке двигателя, с помощью которых обмотки ротора подключают во внешнюю цепь.

Для того чтобы уяснить принцип регулирования частоты вращения двигателя, рассмотрим схему (рис. 7.7). К обмоткам статора  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  напряжение трехфазной сети подается выключателем  $P$ . Фазный ротор через контактные кольца и щетки подключен к трехфазному реостату, состоящему из резисторов 7 и подвижной контактной системы 6, соединенной в звезду. Перед включением двигателя в сеть реостат устанавливают в положение 1, а затем включают выключатель  $P$ . Двигатель начнет вращаться, но частота его вращения будет невелика, так как ток обмоток ротора, проходящий через четыре последовательно соединенных резистора, невелик и взаимодействие между ротором и вращающимся полем статора будет мало. При установке переключателя в положение 2 частота вращения двигателя возрастет, потому что в каждую фазу ротора теперь включено только по три резистора и ток в обмотках ротора возрастает. Наибольшую частоту вращения двигатель будет иметь при установке переключателя в положение 5, когда все резисторы полностью выведены и ток в обмотках ротора достигает наибольшей силы.

Рассмотрим конструкцию кранового электродвигателя с фазным ротором серии МТ в закрытом обдуваемом исполнении (рис. 7.8). Статор 10 вместе с обмотками 7 запрессовывается в станину 9 и закрепляется кольцами 8, заглубленными в ее канавки. Сердечник ротора 11 с обмотками 12 шпонкой и втулкой 13 закрепляется на валу 18. Подшипники качения 2 установлены в подшипниковых щитах и защищены от загрязнения подшипниковыми

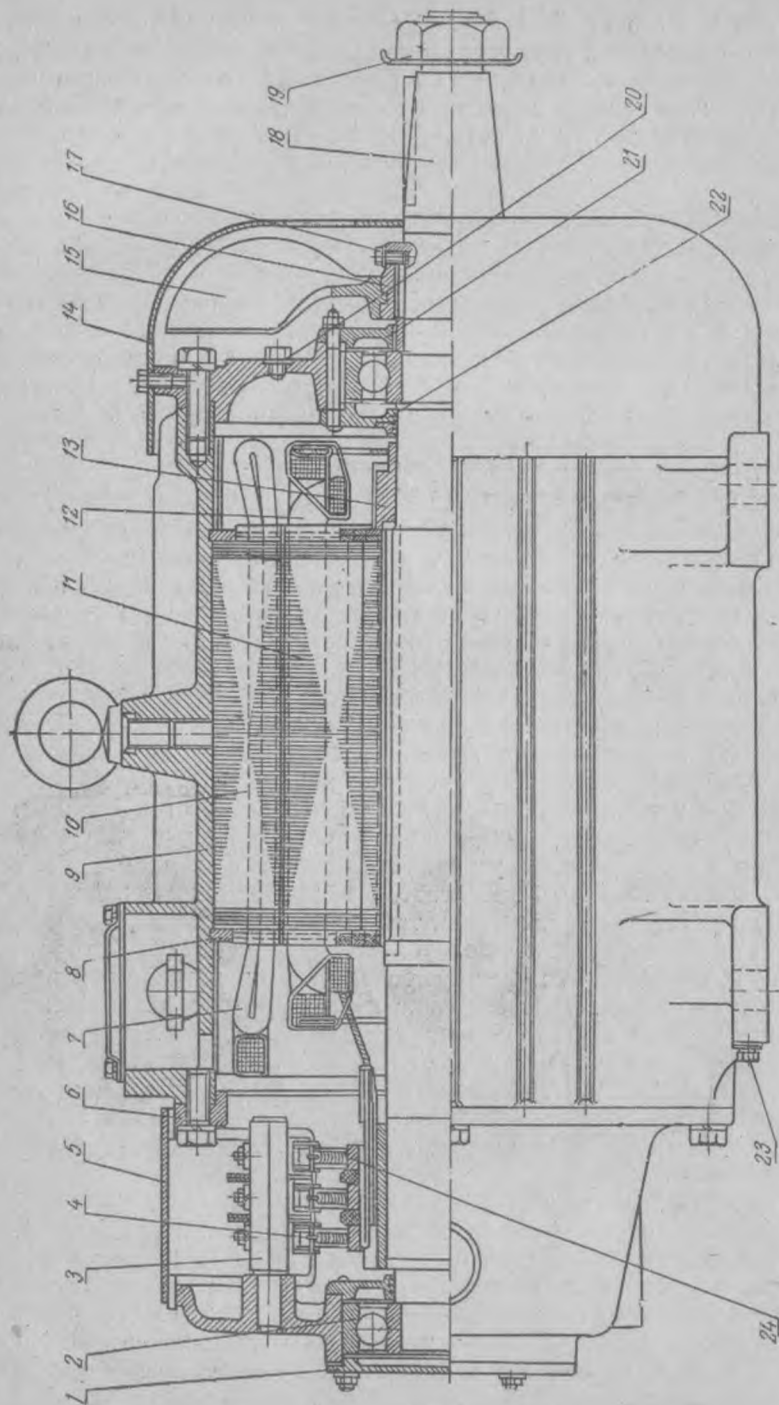


Рис. 7.8. Крановый электродвигатель

крышками 1, 21 и 22. В щитах имеются отверстия, заглушенные винтами 20. С помощью этих отверстий в процессе эксплуатации специальным щупом измеряют зазоры между статором и ротором. На валу ротора стальной втулкой 16 и стопорным штифтом 17 закреплен вентилятор 15, защищенный металлическим колпаком 14. Выводы обмоток ротора подсоединяются к контактным кольцам 24, на которые установлены щетки, размещенные в щеткодержателях 4. Щеткодержатели закреплены на изолированном пальце 3, запрессованном в прилив подшипникового щита 6. В щите над щеткодержателями имеется окно, закрытое крышкой 5, через которое можно осмотреть щеточный аппарат при работе двигателя. Конец вала двигателя имеет шпонку и гайку 19, служащие для закрепления муфты соединительного механизма. Болтовой зажим 23 используется для заземления корпуса электродвигателя. Двигатели с фазным ротором единой серии маркируют индексом АК2.

### 7.3. Аппараты и схемы ручного управления электродвигателями переменного тока

Наиболее простые и широко распространенные аппараты для неавтоматического включения и отключения электрических цепей — одно-, двух- и трехполюсные рубильники. Они применяются в цепях с номинальным током до 1000 А при напряжении до 660 В. Наибольшее распространение в электроустановках получили рубильники типов Р, РБ, РПБ и РПЦ.



Рис. 7.9. Схема пуска двигателя рубильником

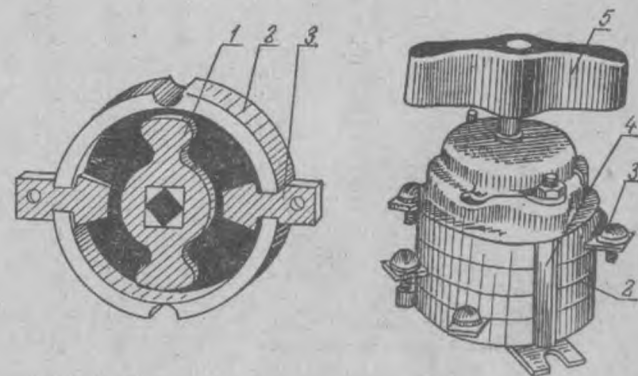


Рис. 7.10. Трехполюсный пакетный выключатель

Схема включения трехфазного асинхронного короткозамкнутого двигателя трехполюсным рубильником приведена на рис. 7.9. Эта схема проста и особых пояснений не требует, но нужно отметить две особенности, связанные с требованиями техники безопасности. Три фазы питающей сети должны быть подключены к губ-

кам, а не к контактам, связанным с ножами рубильника. Кроме того, замена предохранителей разрешается только после снятия с них напряжения, поэтому они должны устанавливаться после рубильника.

Одно-, двух- и трехполюсные пакетные выключатели ПК и ПВМ применяют для включения и отключения электрических цепей с токами до 400 А при напряжении 220 В и до 250 А при напряжении 380 В. Трехполюсный пакетный выключатель (рис. 7.10) имеет четыре пластмассовых диска (пакета) 2, в вырезы которых вставлены неподвижные контакты 3. Замыкание и размыкание контактов осуществляется контактным мостиком 1, получающим вращение от рукоятки 5. Три рабочих и один холостой пакеты собирают вместе и стягивают шпильками 4.

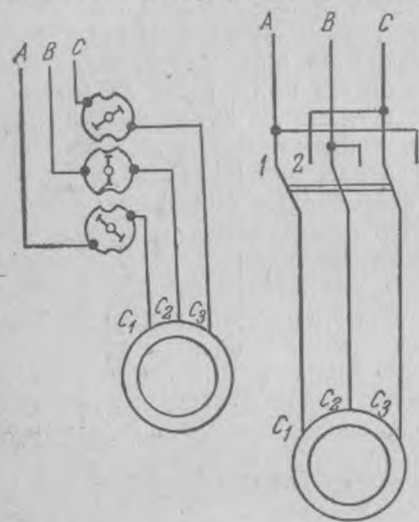


Рис. 7.11. Схема пуска двигателя пакетным выключателем

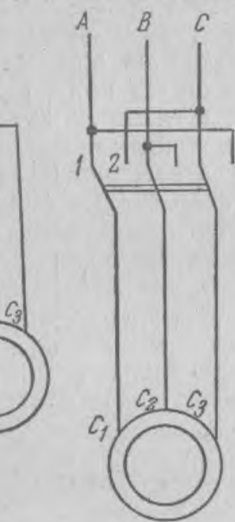


Рис. 7.12. Схема реверсирования двигателя рубильником

По сравнению с рубильниками пакетные выключатели имеют значительно меньшие размеры, при отключении цепи создают в ней одновременно два разрыва, а благодаря пружинному механизму мгновенного отключения замыкание цепи происходит очень быстро, что увеличивает стойкость контактов по отношению к электрической дуге. Схема управления трехфазным электродвигателем с помощью пакетного выключателя приведена на рис. 7.11.

Кроме описанных аппаратов ручного управления, для включения двигателей используются различные автоматические выключатели. Они предназначены не только для включения и отключения электрических цепей вручную, но и для автоматического отключения их при коротких замыканиях и перегрузках.

Контакты выключателя показаны в положении «отключено». При повороте рукоятки они поворачиваются на угол 90°, на обмотки статора подается напряжение питающей сети и двигатель начинает работать.

Кроме описанных аппаратов ручного управления, для включения двигателей используются различные автоматические выключатели. Они предназначены не только для включения и отключения электрических цепей вручную, но и для автоматического отключения их при коротких замыканиях и перегрузках.

#### 7.4. Реверсирование трехфазных электродвигателей с помощью аппаратов ручного управления

Реверсированием называют изменение направления вращения ротора двигателя во время его работы. Этот режим необходим для подъемно-транспортных механизмов, многих типов станков и т. д.

В схеме реверсирования трехфазного электродвигателя с помощью рубильника (рис. 7.12) ножи рубильника установлены в положение 1, к статору подводятся три фазы в прямым порядком чередования (фаза А подключена к выводу статора C<sub>1</sub>, фаза В — к C<sub>2</sub> и фаза С — к C<sub>3</sub>). При таком включении ротор вращается вперед. Если установить ножи рубильника в положение 2, к двигателю будут подводиться три фазы с обратным порядком чередования (фазы А и С меняются местами) и двигатель будет вращаться в обратную сторону.

Реверсирование двигателя можно также выполнить с помощью пакетных переключателей ПК или ПВМ (рис. 7.13). Контакты пакетного переключателя изображены на схеме в положении, соответствующем отключенному двигателю. Если рукоятку переключателя повернуть на 90° против часовой стрелки, к статору будут подключены три фазы в прямом порядке чередования, если повернуть ее на 90° по часовой стрелке, фазы В и С поменяются местами и двигатель начнет вращаться в обратную сторону.

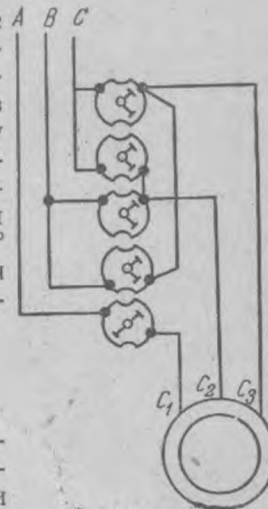


Рис. 7.13. Схема реверсирования двигателя пакетным переключателем

#### 7.5. Электромагнитный контактор

Наиболее простыми аппаратами автоматического управления электродвигателями являются электромагнитные контакторы. Они предназначены для частых включений и отключений электрических цепей постоянного и переменного тока в электроустановках напряжением до 1000 В.

Трехфазный контактор типа КТ (рис. 7.14) состоит из изоляционной плиты 1, на которой смонтированы электромагнитная и контактная системы. Устройство и принцип работы этого контактора легко уяснить по разрезам его электромагнитной и контактной систем. Электромагнитная система имеет неподвижный сердечник 3, закрепленный на изоляционной плите и снабженный стягивающей катушкой 2. На стальном валу 4 квадратного сечения с помощью держателя 5 укреплен подвижный сердечник 6. Контактная система состоит из неподвижного контакта 9, установленного на плите, и подвижного контакта 10, который с помощью держателя 12 закреплен на валу. Для изоляции вала от держателей подвижных контактов, находящихся под напряжением, служит квадратная изоляционная втулка 14. Необходимое усилие нажатия контактов при их замыкании осуществляется контактной пружиной 11. Электрическая связь подвижных контактов с их выводами на тыльной стороне плиты выполняется гибкими проводниками 13, изготовленными в виде пакетов из медной фольги. Главные контакты контактора рассчитаны на большие токи и поэтому

при их размыкании возникает электрическая дуга, разрушающая контактные поверхности. Для быстрого гашения дуги установлены дугогасительные камеры 7 из дугостойкого изоляционного материала. Они имеют специальные решетки из стальных обмедненных пластин 8, способствующих быстрому гашению дуги. Блокировочные контакты 15 расположены в левой части контактора и дугогасительных устройств не имеют.

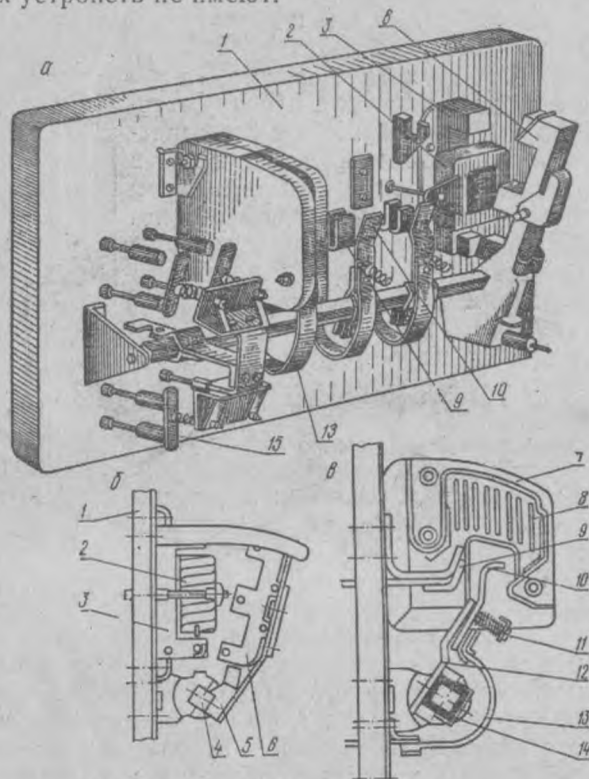


Рис. 7.14. Контактор КТ:

а — общий вид, б — разрез электромагнитной системы, в — разрез контактной системы

Если на катушку контактора подать напряжение, вокруг нее возникает магнитное поле, под действием которого подвижный сердечник притянется к неподвижному, вал повернется и контакты контактора замкнутся. Они будут оставаться в этом положении до тех пор, пока по катушке будет проходить ток. Если отключить катушку, ее магнитное поле исчезнет и под действием собственной массы и контактных пружин подвижная система займет первоначальное положение, размыкая контакты.

Контакторы типа КТ рассчитаны на ток 100...600 А и применяются для управления электрическими цепями и двигателями сравнительно большой мощности.

Для частого включения электродвигателей малой мощности используют контакторы серии Пб. Такой контактор (рис. 7.15) состоит из пластмассового корпуса, две половины которого соединены четырьмя винтами. Внутри корпуса размещена электромагнитная система, включающая в себя неподвижную часть сердечника 7 и обмотку 6, намотанную на пластмассовую катушку. Подвижная

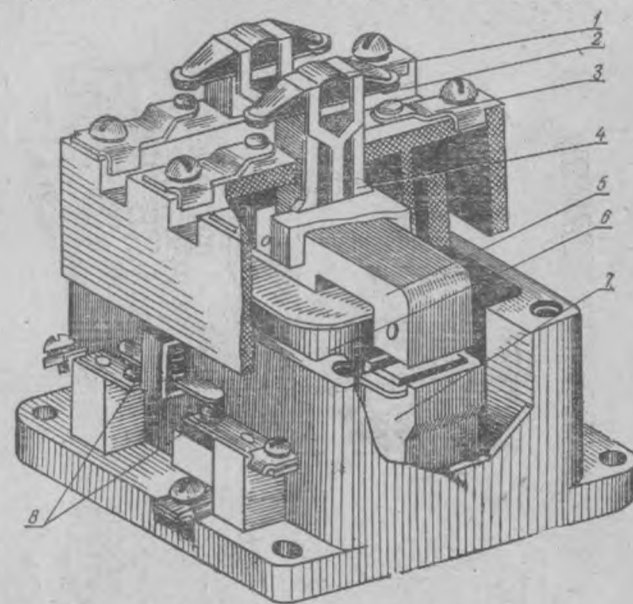


Рис. 7.15. Контактор Пб

часть сердечника 5 шпонкой соединена с пластмассовой траверсой 4, на которой смонтированы контактные мостики 2 с подвижными контактами. Плавность замыкания контактов и необходимое усилие нажатия обеспечиваются контактными пружинами 1. Неподвижные контакты припаяны к контактным пластинам 3, снабженным винтовыми зажимами для присоединения проводов внешней цепи. Кроме главных контактов, контакторы серии Пб имеют блокировочные контакты 8, расположенные на боковых поверхностях аппарата. Главные контакты закрыты фасонной крышкой, защищающей их от загрязнения, случайных прикосновений и междуфазных замыканий.

Когда катушку включают в электрическую цепь, магнитное поле притягивает подвижную часть сердечника и связанную с ней траверсу с подвижными контактами. Размыкание контактов происходит под действием двух спиральных пружин после отключения катушки.

Для управления контактором используется двухкнопочная станция (рис. 7.16). Кнопки «пуск» и «стоп» имеют неподвижные контакты 1, контактный мостик с подвижными контактами 2 и пружины.

жину 3. При нажатии на кнопку «пуск» пружина сжимается и контакты замыкаются. Если кнопку отпустить, то под действием пружины контакты разомкнутся. Контакты, работающие таким образом, называют замыкающими. При нажатии на кнопку «стоп» ее контакты размыкаются, а при отпуске — замыкаются. Такие контакты называют размыкающими.

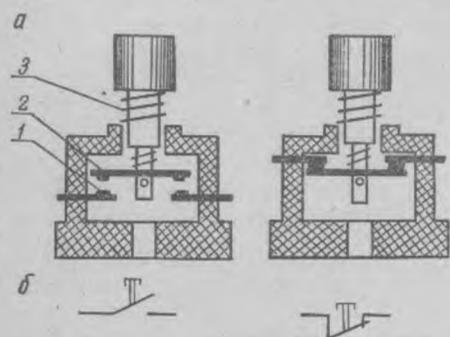


Рис. 7.16. Кнопки двухкнопочной станции:  
а — устройство, б — обозначение на электрических схемах

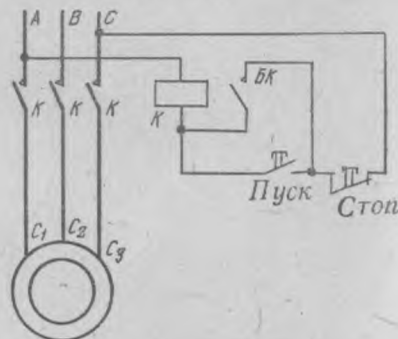


Рис. 7.17. Контактная схема управления двигателем

### 7.6. Схемы дистанционного управления электродвигателями

Схема управления трехфазным асинхронным электродвигателем с помощью контактора (рис. 7.17) состоит из двух частей — силовой цепи (толстые линии) и цепи управления (тонкие линии). В силовую цепь последовательно в каждую фазу включены рабочие контакты контактора. В цепь управления, подключенную на линейное напряжение питающей сети, входят последовательно соединенные кнопки «пуск» и «стоп» и катушка контактора. Схе-

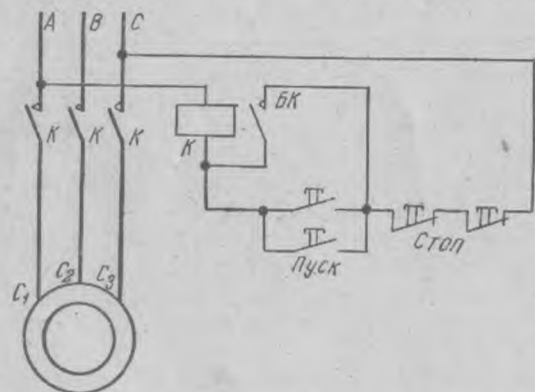


Рис. 7.18. Система управления двигателем из двух мест

ма работает следующим образом. При нажатии кнопки «пуск» цепь управления замыкается и в ней течет ток с фазы А через катушку контактора по контактам обеих кнопок на фазу С. Катушка намагничивает сердечник контактора и рабочие контакты, замыкаясь, подают трехфазное напряжение на обмотки статора двигателя. Для того чтобы при отпуске кнопки цепь катушки контактора не разомкнулась и двигатель не остановился, параллельно кнопке «пуск» подключены блокировочные контакты БК, которые замыкаются одновременно с рабочими контактами. Двигатель будет работать до тех пор, пока нажаты кнопки «стоп» не разомкнет цепь управления.

Отличие схемы управления электродвигателем из двух мест (рис. 7.18) от предыдущей состоит в том, что она содержит две пары кнопок «пуск» и «стоп» (пусковые кнопки включены между собой параллельно, кнопки «стоп» — последовательно). Схемы для управления двигателем из трех и более мест выполняются аналогично.

### 7.7. Реверсирование электродвигателей с помощью контакторов

Электромагнитными контакторами можно не только включать электродвигатели, но и изменять направление их вращения. Для реверсирования применяются обычные контакторы, управляемые специальными трехкнопочными станциями.

Трехкнопочная станция (рис. 7.19) отличается от двухкнопочной не только количеством кнопок, но и их конструкцией. Кнопки «вперед» и «назад» имеют по две пары контактов — пару замыкающих и пару размыкающих. При нажатии такой кнопки контактный мостик 1 вначале размыкает цепь размыкающих контактов 2, затем замыкает замыкающие контакты 3. В исходном положении кнопка вместе с мостиком удерживается пружиной 4. Кнопка «стоп» имеет только одну пару размыкающих контактов и устроена так же, как и кнопка «стоп» двухкнопочной станции.

Силовая цепь схемы реверсирования электродвигателя (рис. 7.20) составлена следующим образом. Три фазы питающей сети подключены к рабочим контактам обоих контакторов. Если включается контактор В, то на обмотки двигателя подается напряжение сети с прямым порядком чередования фаз А — В — С. В случае, когда

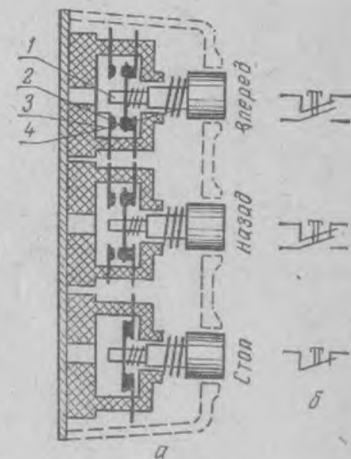


Рис. 7.19. Трехкнопочная станция:

а — устройство, б — обозначение кнопок на электрических схемах

замкнуты контакты контактора *H*, порядок чередования фаз, подающихся на двигатель, обратный (*C — B — A*). Таким образом, в зависимости от того, какой из контакторов работает, двигатель вращается либо вперед, либо назад. Схема должна быть построена так, чтобы одновременное включение обоих контакторов было невозможным (если одновременно включить контакторы *B* и *H*, произойдет короткое замыкание между фазами *A* и *C*).

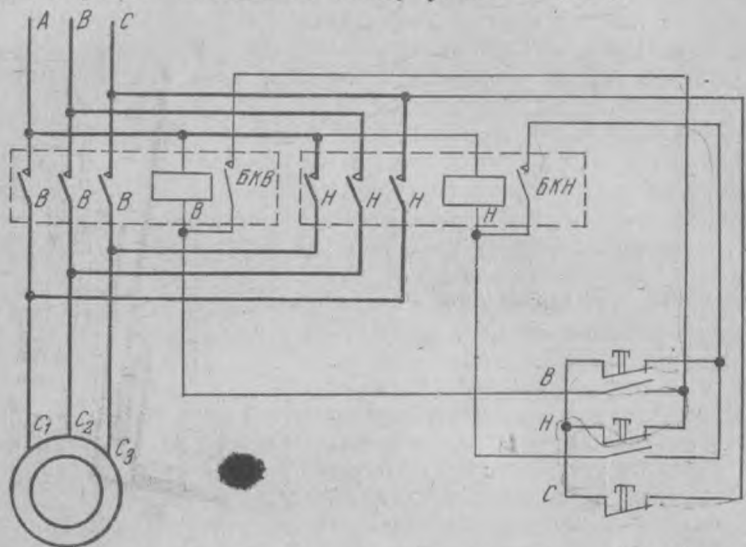


Рис. 7.20. Схема реверсирования трехфазного двигателя

Цепь управления контактором *B* состоит из последовательно включенных катушки *B*, замыкающих контактов кнопки «вперед», размыкающих контактов кнопки «назад» и контактов кнопки «стоп». Пуск электродвигателя вперед осуществляется следующим образом. Нажатием кнопки «вперед» замыкается цепь: фаза *A* — катушка *B* — замыкающие контакты кнопки «вперед» — размыкающие контакты кнопки «назад» — размыкающие контакты кнопки «стоп» — фаза *C*. Ток, протекающий по этой цепи, вызовет замыкание рабочих контактов контактора *B*, и двигатель начнет вращаться вперед. Одновременно с рабочими контактами *B* замкнется и блокировочный контакт *BKВ*, который дает возможность отпустить после запуска двигателя кнопку «вперед». Из схемы видно, что катушки обоих контакторов и кнопки управления соединены между собой так, что одновременное включение обеих катушек, а следовательно, и одновременная работа контакторов невозможны. Действительно, при нажатии кнопки «вперед» ее размыкающие контакты разрывают цепь питания катушки *H*, и наоборот, если нажать кнопку «назад», то разомкнется цепь катушки *B*. Такая блокировка и предотвращает короткое замыкание в силовой цепи. Точно так же пускается двигатель в обратную сторону нажатием кнопки «назад».

## 7.8. Тепловая защита электродвигателей

Известно, что при коротком замыкании следует немедленно отключить двигатель, так как он может выйти из строя вследствие резкого возрастания величины токов, протекающих в цепи. Плавкие предохранители, включенные в цепь трех питающих фаз, рассчитаны на действие пускового тока, величина которого в несколько раз превышает величину номинального тока двигателя. Если во время работы двигателя ток в его обмотках увеличивается только в 1,5...2 раза по сравнению с номинальным, предохранители не срабатывают, обмотки двигателя перегреваются, быстро портится изоляция токоведущих частей. Поэтому для отключения двигателя при перегрузках используют автоматические выключатели — тепловые реле.

Рассмотрим *тепловое реле ТРН* (рис. 7.21). На пластмассовом корпусе установлены подогреватели *1* (сменные пластинки из сплава с высоким удельным сопротивлением). В непосредственной близости от них расположены биметаллические пластинки *2*, нижний конец которых закреплен неподвижно, а верхний свободен. Подвижные контакты *7* теплового реле контактной пружиной закреплены на пластмассовой контактной стойке *б*, опирающейся на пружину. Пружина стремится разомкнуть контакты, но благодаря рычагу *4*, который упирается в выступ на корпусе реле, контакты удерживаются в замкнутом положении.

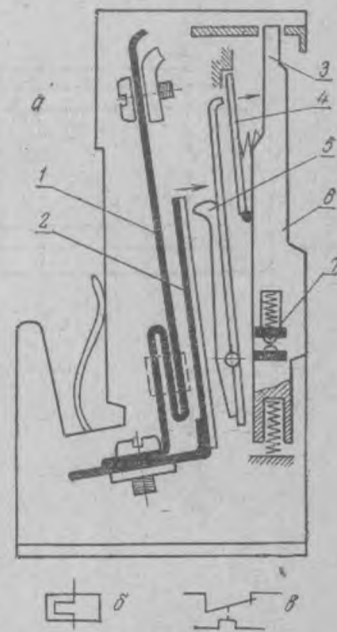


Рис. 7.21. Тепловое реле ТРН: *a* — устройство, *б* — обозначение подогревателя, *в* — обозначение контактов

Если ток, текущий по нагревателю невелик, в нем выделяется небольшое количество тепла и биметаллические пластинки изгибаются незначительно. При этом подвижные части реле занимают положение, изображенное на рисунке, и контакты реле замкнуты. Когда же ток, текущий по нагревателю, превышает определенную величину (режим перегрузки), количество тепла, выделяемого нагревателем, возрастает настолько, что биметаллическая пластинка изгибается в направлении стрелки и поворачивает фигурную скобку *5*. Скобка отжимает рычаг контактной стойки от выступа на корпусе и под действием пружины контакты реле размыкаются. После срабатывания реле и охлаждения биметаллической пластинки подвижные части не могут самостоятельно занять первоначальное положение. Для подготовки реле к следующему срабатыванию нужно нажать на верхнюю часть *3* контактной стойки.

## 7.9. Магнитный пускатель

Магнитный пускатель представляет собой электромагнитный контактор, снабженный тепловыми реле. В настоящее время наиболее часто применяются магнитные пускатели серии ПМ, которые комплектуются из контакторов П6 и тепловых реле ТРН. Общий вид магнитного пускателя и схема включения электродвигателя с его помощью приведены на рис. 7.22. Работа катушки, контактов

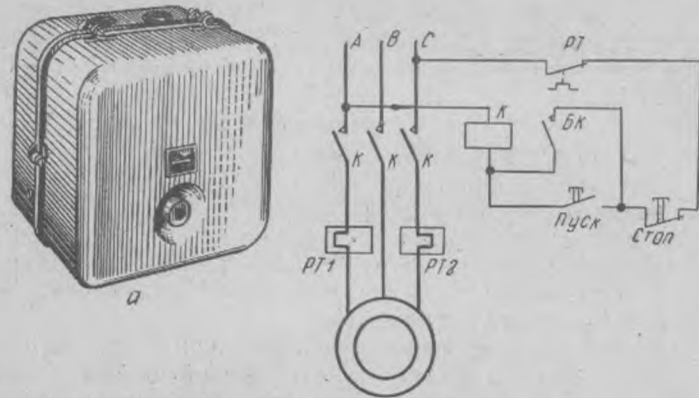


Рис. 7.22. Магнитный пускатель:

а — внешний вид, б — схема управления с магнитным пускателем

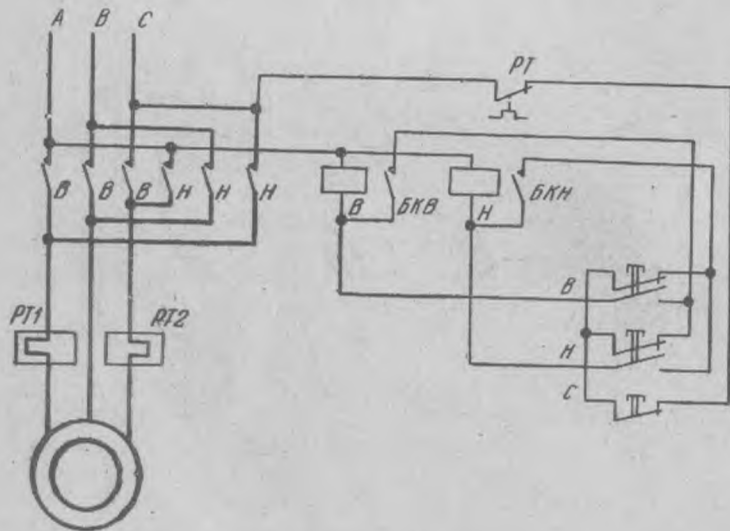


Рис. 7.23. Схема реверсирования электродвигателя магнитным пускателем

и кнопочной станции ничем не отличается от работы этих элементов в схеме контактора. Разница в том, что в силовую цепь последовательно в две крайние фазы включены подогреватели теплового реле  $РТ1$  и  $РТ2$ , а в цепь управления — его контакты  $РТ$ . До тех пор, пока электродвигатель потребляет из сети ток, величина которого не превышает номинальную, в нагревателях теплового реле выделяется мало тепла и его контакты замкнуты, что обеспечивает питание катушки пускателя. При перегрузке нагреватели сильно нагревают биметаллическую пластинку и контакты  $РТ$  размыкают цепь управления. Контакты пускателя размыкаются и отключают двигатель от сети.

Для реверсирования электродвигателя предназначены реверсивные магнитные пускатели, состоящие из двух контакторов и одного теплового реле. Схема с применением реверсивного магнитного пускателя приведена на рис. 7.23.

## 7.10. Контроллеры

С помощью контроллеров можно совершать все операции по управлению электродвигателем (плавный пуск, реверсирование и регулирование частоты вращения).

Главная часть кулачкового контроллера — это кулачковый элемент (рис. 7.24). Он состоит из кулачковой шайбы 1 специальной формы, насаженной на вал 2 квадратного сечения. Неподвиж-

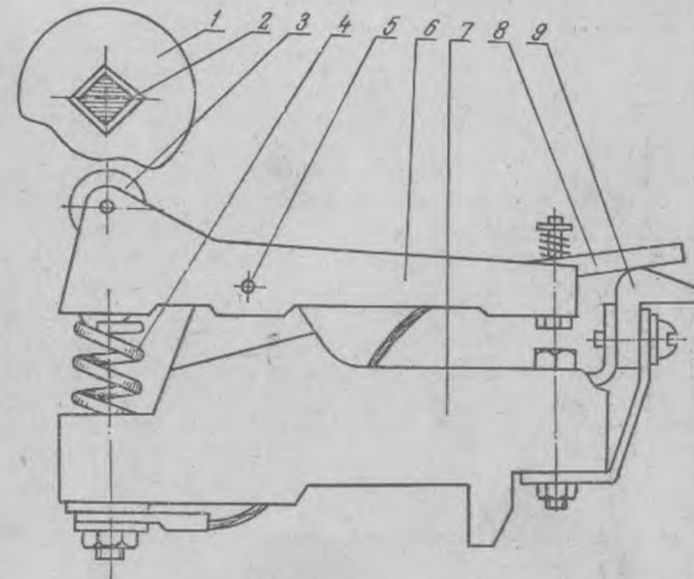


Рис. 7.24. Кулачковый элемент

ный контакт 9 укреплен на изоляционном основании 7 и имеет вывод для присоединения провода. Подвижный контакт 8 смонтирован на рычаге 6, который может поворачиваться вокруг оси 5. В замкнутом положении контакты удерживаются пружиной 4, работающей на сжатие. Когда кулачковая шайба поворачивается, ее выступ нажимает на кулачок 3, левый конец рычага, сжимая пружину, поворачивается против часовой стрелки и контакты размыкаются. В зависимости от назначения контроллер может иметь раз-

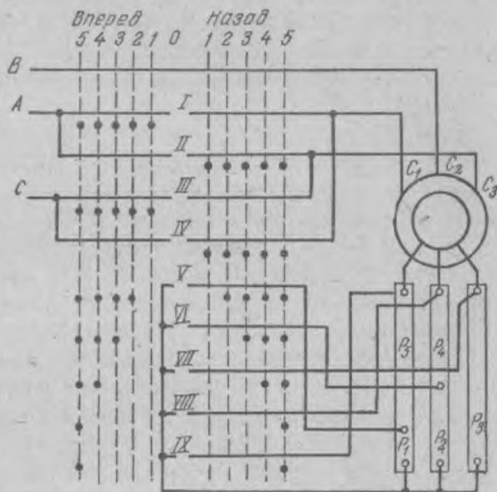
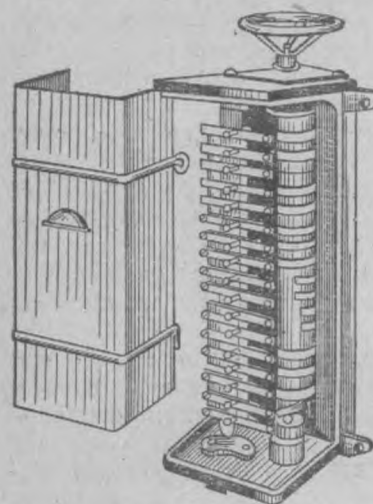


Рис. 7.25. Кулачковый контроллер Рис. 7.26. Схема управления двигателем с помощью контроллера

ное число кулачковых элементов. При повороте рукоятки контроллера, связанной с валом, кулачковые шайбы, насаженные на него, вращаются одновременно. Для управления двигателем контакты контроллера должны замыкаться и размыкаться не одновременно, а в определенной последовательности, поэтому кулачковые шайбы отличаются друг от друга расположением выступов.

Общий вид кулачкового контроллера с 17 кулачковыми элементами, приведен на рис. 7.25. Из рисунка видно, что, когда поворачивается штурвал контроллера, шайбы, расположенные на валу, также поворачиваются. Происходит замыкание или размыкание контактов кулачковых элементов в порядке, зависящем от расположения выступов на кулачковых шайбах.

Рассмотрим схему пятискоростного реверсивного кулачкового контроллера (рис. 7.26), которой широко пользуются для управления электродвигателями подъемных кранов. Рукоятка и вал имеют одиннадцать фиксированных положений (пять положений «вперед», пять — «назад» и одно нулевое, соответствующее выключенному электродвигателю). Эти положения обозначены на схеме тонкими вертикальными линиями, цифрами 0, 1, 2, 3, 4, 5 и

торной подстанции глубокого ввода, расположенной в центре нагрузки предприятия. С помощью понижающих трансформаторов напряжение снижают до 6...10 кВ и передают к цеховым трансформаторным подстанциям, где вновь понижают его до 220/380 или 380/660 В. Применение «глубоких вводов» дает большую экономию цветных металлов, расходуемых на изготовление токопроводящих жил кабелей, и значительно снижает потери электроэнергии в питающих сетях.

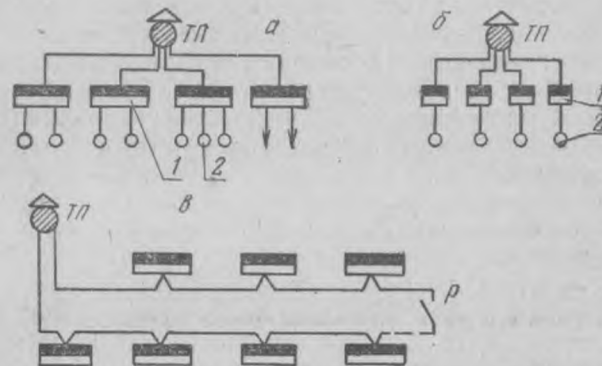


Рис. 7.28. Схемы цеховых электрических сетей:  
а — радиальная схема питания распределительных пунктов, б — радиальная схема питания крупных электродвигателей, в — магистральная схема

По назначению цеховые электрические сети делят на магистральные и распределительные. Магистральная сеть предназначена для передачи электроэнергии от цеховых трансформаторных подстанций к крупным электроприемникам, распределительным щитам и т. д. Она обычно мало разветвлена и способна выдерживать большие токи (до 5000 А). Распределительная сеть рассчитана на сравнительно небольшие токи (не более 600 А) и сильно разветвлена, так как предназначена для подключения к ней большого числа электроприемников незначительной мощности.

Цеховые сети выполняют по трем основным схемам — радиальной, магистральной и кольцевой.

Радиальную схему (рис. 7.28, а) применяют для питания электрооборудования, неравномерно размещенного по площади цеха. От цеховой ТП отходят линии, подводящие электроэнергию к силовым распределительным пунктам (шкафам) 1, к которым подключены электродвигатели 2 и другие силовые электроприемники. Радиальная схема может быть использована также для питания крупных электродвигателей 2 (рис. 7.28, б) с установленными возле них станциями управления 1. Схемы радиального типа обеспечивают большую надежность питания электроприемников, так как выход из строя одной из радиальных линий питания не отражается на ре-



жиме работы других линий. В то же время эти схемы при монтаже требуют повышенного расхода проводов и кабелей.

Магистральную схему питания силовых распределительных пунктов (рис. 7.28, в) удобно применять в случаях, когда электрооборудование цеха размещается рядами. По сравнению с радиальными она требует значительно меньшей затраты проводниковых материалов, но надежность снабжения электроприемников значительно ниже: при выходе из строя магистральной линии питания нарушается работа целой группы приемников, питающихся от нее.

Для повышения надежности электроснабжения часто используют кольцевую схему питания силовых распределительных пунктов. Сущность этой схемы заключается в том, что электроэнергия к силовому распределительному пункту может быть подана не по одной, а по двум и более линиям. Магистральная схема (рис. 7.28, в) может быть закольцована включением рубильника Р или автомата. Кольцевание отдельных участков можно выполнить также в радиальных схемах путем установки перемычек между отдельными радиальными линиями.

В ряде случаев применяют схемы электроснабжения с двухсторонним питанием, обеспечивающие подачу электроэнергии от двух или более независимых источников питания, например трансформаторных подстанций.

### 7.12. Распределительные устройства силовых электроустановок

Распределение электрической энергии в электроустановках напряжением до 1000 В для питания электроприемников осуществляется при помощи распределительных щитов.

В качестве примера рассмотрим устройство и схему распределительных щитов серии ЩО (рис. 7.29), которые устанавливают на трансформаторных подстанциях или непосредственно в производственных помещениях. Каркас щита изготовлен из штампованных стальных деталей, а боковые листы, двери и панели — из стального листа толщиной около 3 мм. В верхней части щита на изоляторах 3 смонтированы три сборные шины 2, от которых сделаны ответвления 4 к трехполюсным рубильникам 6. Для защиты отходящих линий от токов короткого замыкания используют плавкие предохранители 7 типа ПН-2, к нижним губкам которых присоединены жилы отходящих кабелей 9. Вместо рубильников с предохранителями в отдельных типах распределительных щитов ЩО устанавливают автоматы. Если необходимо контролировать силу тока в отходящих линиях, в верхней части щита могут быть смонтированы амперметры 1, которые включают в фазу А каждой линии через трансформаторы тока 8. Для управления рубильниками на лицевой стороне каркаса помещены приводы рубильников 5.

Щиты серии ЩО не имеют задней стенки и поэтому при монтаже их следует устанавливать вплотную к стене или перегородке, а осмотр и ремонт установленного в щите оборудования производят только со стороны открывающейся передней двери. По этой

причине щиты ЩО называют щитами одностороннего обслуживания.

Для распределения электроэнергии напряжением 220/380 В в производственных помещениях устанавливают также распределительные щиты одностороннего обслуживания, комплектуемые из панелей ЩО-70, в которых вместо рубильников с предохранителями используют блоки БПВ или автоматы.

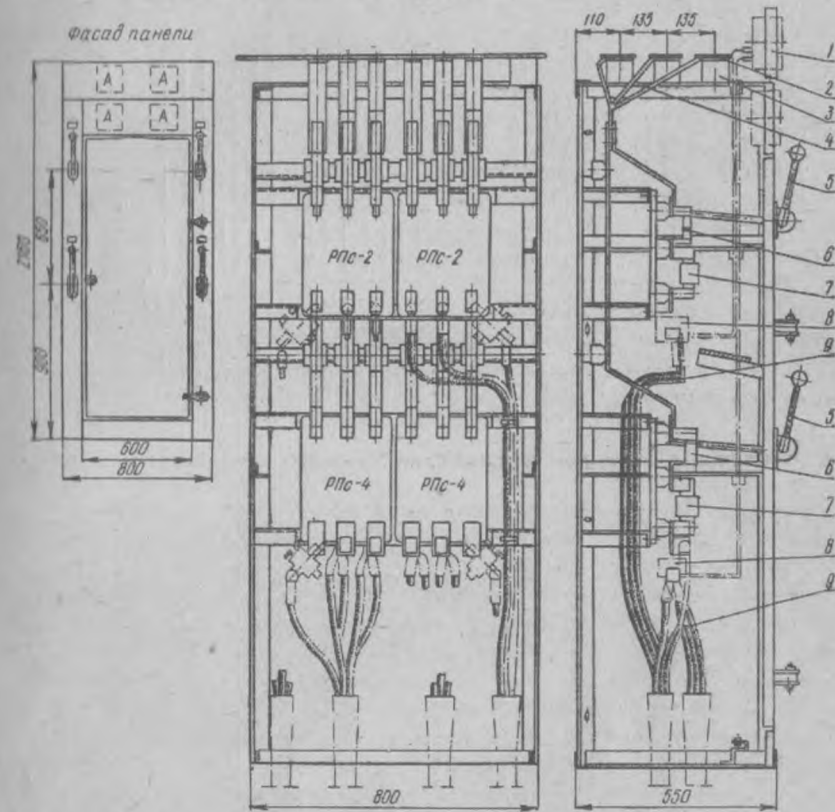


Рис. 7.29. Распределительный щит серии ЩО

Для распределения электроэнергии в установках напряжением до 500 В применяют силовые распределительные шкафы (рис. 7.30). Их выполняют в виде стального шкафа защищенного или закрытого исполнения, в котором устанавливается рубильник ввода и предохранители на отходящих трехфазных линиях, а иногда и автоматы серии АЗ 100.

Пусковые ящики служат для включения, отключения и защиты силовых электрических сетей и подключенного к ним электрооборудования. Пусковой ящик ЯРП (рис. 7.31) имеет стальной штампованный корпус 2, снабженный дверкой 1, на внутренней сто-

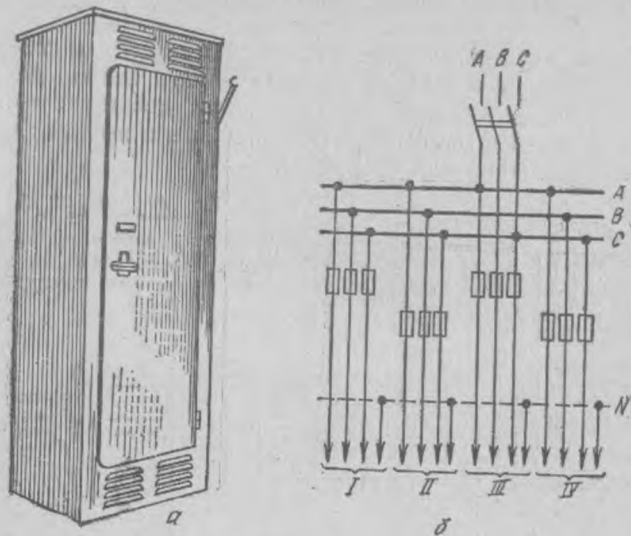


Рис. 7.30. Шкаф СП62-4/1;  
а — общий вид, б — схема

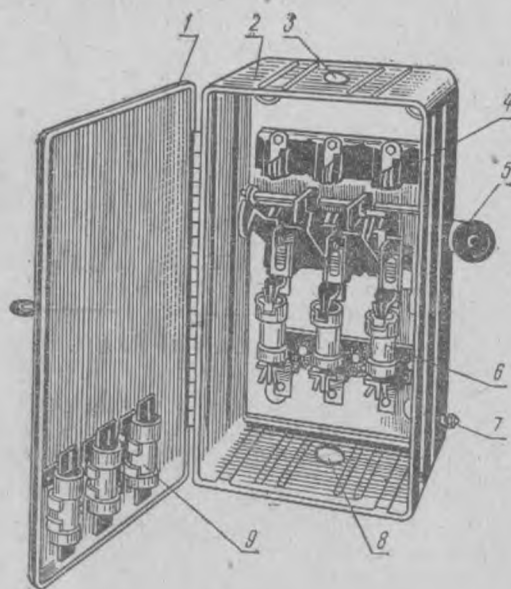


Рис. 7.31. Пусковой ящик типа ЯРП

роне которой помещены запасные предохранители 9. В верхней части ящика установлен трехполюсный рубильник 4 с выведенной наружу рукояткой управления 5. Для защиты присоединенных к щитку электрических цепей он имеет три предохранителя 6. Провода или кабели вводят через верхнюю и нижнюю стенки ящика через отверстия 3, 8. Заземление корпуса выполняют проводником или шиной, присоединенной к заземляющему болту 7.

Силовые ящики типа ЯБПУ-1м применяют для защиты и нечастых включений и отключений электрических цепей трехфазного тока напряжением 380 В при силе тока до 100 А. Ящик комплектуют блоками «предохранитель — выключатель» с предохранителями ПН-2. Ввод и вывод проводов производят через верхнюю и нижнюю съемные крышки (к одному зажиму можно присоединить два провода сечением до 50 мм<sup>2</sup>).

1. Почему электродвигатель трехфазного тока называется асинхронным? 2. Можно ли изготовить двигатель, у которого статор расположен внутри вращающегося ротора? 3. На какое напряжение рассчитана катушка контактора, изображенного на схеме рис. 7.17? 4. У контактора вышел из строя блокировочный контакт. Можно ли так переделать схему, чтобы она работала нормально без всяких дополнительных устройств? 5. Составьте реверсивную схему управления электродвигателем из двух мест. 6. Что произойдет, если в реверсивной схеме управления электродвигателем одновременно нажать кнопки «вперед» и «назад»? 7. Почему контроллеры чаще всего применяют на тех механизмах, которые требуют одновременного управления несколькими электродвигателями с фазным ротором? 8. Можно ли собрать схему управления трехфазным электродвигателем с помощью контактора, имеющего только три или даже две пары контактов? 9. Из какого материала изготавливают пусковые и регулировочные сопротивления? 10. Чем отличаются распределительные подстанции от трансформаторных? 11. Можно ли использовать тепловые реле для защиты электрических цепей от коротких замыканий?

## Глава 8. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ

### 8.1. Монтаж распределительных устройств напряжением до 1000 В

На монтажные объекты заводами-изготовителями поставляются распределительные щиты в виде отдельных блоков (из 3...4 панелей) с полностью смонтированным и испытанным оборудованием и с собранными сборными шинами (три фазные и нулевая). На месте установки блоки состыковывают в щиты.

Установка щитов и шкафов включает в себя подготовительные работы и непосредственно монтаж.

Перед монтажом должны быть закончены все строительные работы (отштукатурены и окрашены стены и потолки помещения, застеклены окна, полностью закончены работы в кабельных каналах), помещение принято по специальному акту.

Подготовительные работы состоят из разметки помещения согласно проекту, проверки размеров фундаментов и установки закладных деталей.

Блоки щитов или отдельные панели перемещают к месту установки с помощью различных подъемно-транспортных механизмов, а также по каткам, швеллерам и т. д. На рис. 8.1 показана установка панели 1, которая своим опорным швеллером 2 опирается на закладную деталь 3.

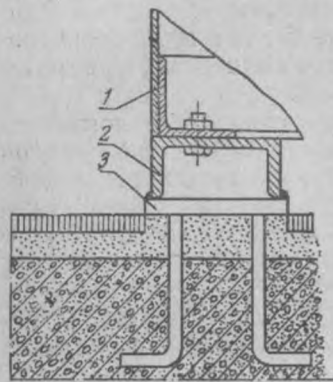


Рис. 8.1. Установка панели на закладную деталь

После установки отдельные панели предварительно стягивают между собой болтами через отверстия в боковых поверхностях каркасов. Затем монтируют все снятые при транспортировке аппараты и приборы, выверяют правильность установки щита в вертикальной и горизонтальной плоскостях и окончательно стягивают болтами блоки и панели. После повторной выверки опорный швеллер или опорные угловые конструкции шкафа приваривают к закладным деталям. Опорные швеллеры не менее чем в двух местах приваривают к заземляющим магистралям, а швеллеры отдельных панелей соединяют перемычками из стальной полосы (сечением не менее  $4 \times 12$  мм). Для создания непрерывной цепи заземления отдельные панели также приваривают друг к другу. По окончании установки и монтажа щитов подключают провода и кабели и закрепляют сборные шины на изоляторах.

Если при транспортировке или монтаже повреждена окраска щита, ее восстанавливают, окончательно проверяют установку щита, работу всех его узлов и аппаратов и предъявляют смонтированную установку приемной комиссии.

Если при транспортировке или монтаже повреждена окраска щита, ее восстанавливают, окончательно проверяют установку щита, работу всех его узлов и аппаратов и предъявляют смонтированную установку приемной комиссии.

### 8.2. Монтаж пускорегулирующей аппаратуры

Перед монтажом пускорегулирующую аппаратуру подвергают ревизии, которая заключается в очистке аппаратов от упаковочного материала, продувке сжатым воздухом и устранении мелких дефектов, обнаруженных при осмотре. Рекомендуется также проверить сопротивление изоляции обмоток и, если требуется, произвести их сушку. Если электродвигатели устанавливаются в непосредственной близости друг от друга, их пускорегулирующую аппаратуру в МЭЗ собирают в узлы и блоки, регулируют, испытывают и доставляют к месту установки. Такой метод монтажа ускоряет и удешевляет работы на объекте.

Пускорегулирующую аппаратуру монтируют на стенах, колоннах, стойках, а также на станинах станков и агрегатов. Крепежные конструкции вмазывают, пристреливают или устанавливают на хомутах, а затем к ним крепят аппараты. Перед закреплением маг-

нитных пускателей нужно убедиться в правильности их установки (отклонение корпуса пускателя от вертикали допускается не более  $5^\circ$ ). Подвижные и поворотные части аппаратов должны перемещаться без заеданий, а сердечники электромагнитов плотно прилегать друг к другу.

Ящики сопротивлений следует монтировать так, чтобы элементы сопротивлений находились в вертикальном положении (для лучшего охлаждения). При подключении к выводам ящиков сопротивлений изолированных проводов с токопроводящих жил снимают изоляцию на участке длиной не менее 100 мм.

Корпус металлического реостата с воздушным охлаждением устанавливают на расстоянии не менее 100 мм от пола (чтобы внутрь его свободно поступал охлаждающий воздух). Поворотные устройства реостатов должны вращаться свободно, в то же время нажатие в контактных системах должно быть достаточным для создания надежного электрического контакта.

После монтажа пускорегулирующих устройств и предохранителей на них делают надписи, указывающие, к какому электродвигателю они относятся, а также отмечают положения рукояток «пуск» и «стоп».

### 8.3. Монтаж электрических двигателей

Способ крепления электродвигателя зависит от конструкции приводимого механизма.

Часто электродвигатели закрепляют на станинах станков болтами и шпильками, в некоторых станках имеются так называемые встроенные двигатели. Если электродвигатели должны приводить в действие насосы, вентиляторы, мельницы и другие отдельно расположенные механизмы, то их монтируют на бетонных фундаментах с вмезанными в них фундаментными анкерными болтами, на стальных или чугунных плитах или сварных рамах различной конструкции, изготовленных из швеллера или угловой стали. Часто для установки электродвигателей применяют стальные профилированные рейки (салазки). Этот способ крепления двигателя удобен тем, что в процессе эксплуатации его можно передвигать по салазкам, изменяя тем самым натяжение приводных ремней, цепей и т. п.

Подготовительные работы на месте установки двигателя сводятся в основном к проверке оснований, на которых они будут устанавливаться. Устанавливают соответствие размеров фундамента и фундаментных болтов установочным размерам двигателя. Далее с помощью гидростатических уровней проверяют горизонтальность фундамента в продольном и поперечном направлении.

Двигатель предварительно осматривают, проверяют наличие и исправность всех деталей корпуса (грузовых винтов, крышек люков, крышек выводных коробок, надежность затяжки крепежных деталей, наличие и равномерность нажатия щеток и т. д.). Проверив вращение вала от руки проверяют работоспособность подшипников (если подшипники установлены правильно, вал двигателя провора-

чивается легко, без задеваний). Осматривают коробку с выводами и устраняют возможные мелкие неисправности.

Для нормальной работы электродвигателя изоляция его обмоток и выводной коробки должна надежно выдерживать рабочее напряжение. При ревизии необходимо убедиться в том, что изоляция двигателя имеет достаточно высокое сопротивление (если оно ниже допустимой величины, изоляцию следует сушить). Как правило, асинхронные электродвигатели мощностью до 100 кВт и напряжением 220 и 380 В включают без предварительной сушки; их сушат в случае, если при неправильном хранении обмотки были залиты водой или на них попал снег.

#### 8.4. Соединение электродвигателя с рабочим механизмом

С рабочими механизмами электродвигатели соединяют различными способами. Если валы двигателя и приводного механизма расположены параллельно и на значительном расстоянии, их соединяют ременной передачей, для чего на валы насаживают стальные шкивы. Разновидностью ременной передачи является клиновья

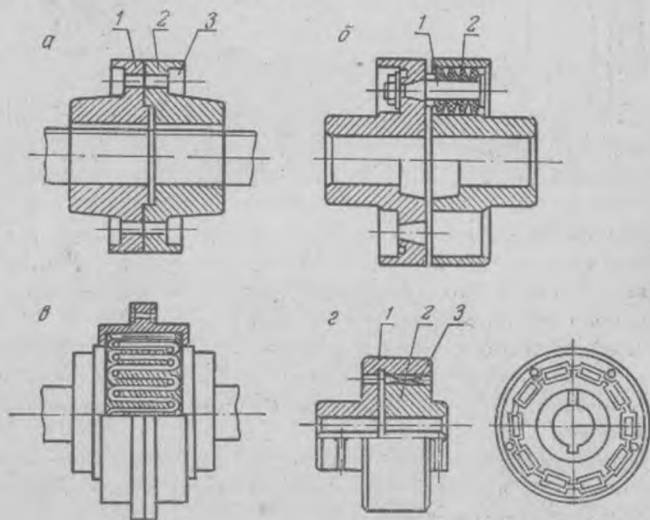


Рис. 8.2. Муфты для соединения валов:  
а — жесткая поперечно-свертная, б — упругая втулочно-пальцевая,  
в — переменной жесткости, г — упругая с вкладышами

ремennая передача, состоящая из одного или нескольких ремней конусной формы и шкивов с конусными канавками. Если валы механизма и двигателя расположены по одной прямой, применяют различные соединительные муфты.

**Жесткая поперечно-свертная муфта** (рис. 8.2, а) состоит из двух полумуфт 1 и 2, укрепленных на валах двигателя и механизма с помощью шпонок. Полумуфты соединены между собой болтами 3,

плотно входящими в отверстия и связывающими оба вала в единую жесткую систему, для нормальной работы которой требуется весьма точное совпадение валов.

**Упругая втулочно-пальцевая муфта** типа МУВП (рис. 8.2, б) допускает смещение одного вала относительно другого на 0,3...0,6 мм. Она состоит из двух полумуфт, на одной из которых с помощью гайки закреплен стальной палец 1 с набором прокладок 2 из упругого материала (например, прорезиненной ткани),

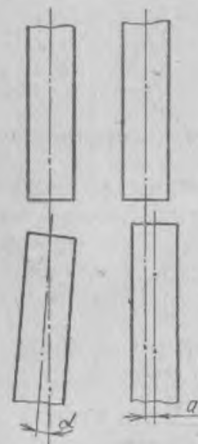


Рис. 8.3. Смещение валов

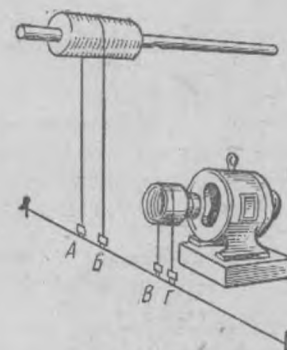


Рис. 8.4. Центровка валов двигателя по струне

**Муфта переменной жесткости** (рис. 8.2, в) имеет две полумуфты, соединенные между собой стальной ленточной пружиной. Муфты насаживают на валы при помощи шпоночного соединения (допускается боковое смещение валов 0,3...3 мм).

Широко применяется **упругая муфта** (рис. 8.2, г), состоящая из полумуфты 1, охватывающей полумуфту 2 меньшего диаметра. Обе полумуфты имеют выемки, куда закладывают вкладыши 3 из прорезиненной ткани.

Для соединения электродвигателей с приводимыми механизмами существует ряд других конструкций муфт (зубчатые, электромагнитные, гидравлические и т. д.).

Основным условием надежной работы электродвигателя является правильная установка его вала по отношению к валу механизма. Оба вала должны быть расположены так (рис. 8.3), чтобы между ними не было ни бокового (радиального) смещения *a*, ни перекоса (углового смещения)  $\alpha$  или чтобы эти смещения были минимальными. Если валы установлены со смещением, при вращении двигателя возникнут вибрации, причем чем больше смещение валов, тем они сильнее. Вибрация вала двигателя — явление крайне нежелательное, так как оно приводит к ослаблению резьбовых соединений и креплений обмоток в пазах, нарушению контактных

соединений, ухудшению работы щеток, преждевременному износу подшипников и разрушению бетонного основания. Поэтому перед окончательным закреплением двигателя тщательно проверяют правильность его установки.

Если двигатель соединен с механизмом ременной или клиноременной передачей, выверку выполняют с помощью линеек или по струне (рис. 8.4). Для этого на середину шкива приводимого механизма навешивают шнурок с грузами *A* и *B*, а на середину шкива

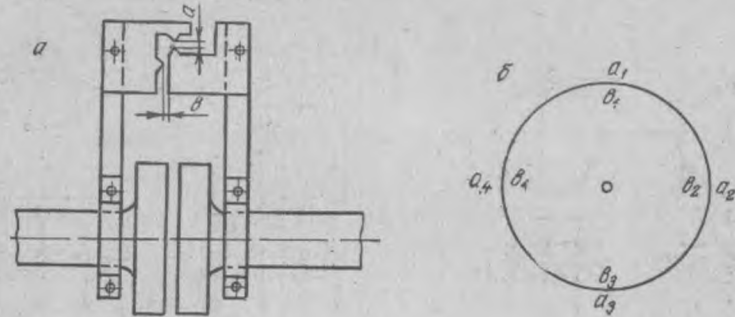


Рис. 8.5. Центровка валов двигателя центровочными скобами: *a* — установка скоб, *б* — запись результатов измерения

электродвигателя — шнурок с грузами *B* и *Г*. Если отвесы расположены по одной линии, образованной натянутым на полу шнурком, двигатель установлен правильно и его можно окончательно закреплять.

Выверку правильности расположения соединяемых муфтами валов проводят центровочными скобами (рис. 8.5), которые закрепляют на полумуфтах или их втулках таким образом, чтобы зазоры *a* и *b* составляли 1...2 мм. Для облегчения центровки рисуют окружность (рис. 8.5, *б*), куда заносят результаты измерений. Центровочные скобы устанавливают в вертикальное положение, щупами измеряют оба зазора и результаты *a*<sub>1</sub> и *b*<sub>1</sub> записывают на окружности, затем валы со скобами поворачивают на 90, 180, 270°, измеряют зазоры и записывают результаты *a*<sub>2</sub> и *b*<sub>2</sub>, *a*<sub>3</sub> и *b*<sub>3</sub>, *a*<sub>4</sub> и *b*<sub>4</sub>.

Правильность установки двигателя по отношению к механизму определяется равенством

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4.$$

Если суммы в правой и левой частях уравнения равны или отличаются не более чем на 0,05 мм, валы двигателя и механизма не имеют бокового смещения. При несоблюдении равенства двигатель несколько смещают по горизонтали или вертикали и снова выверяют его положение.

Угловое смещение валов определяют в такой же последовательности с использованием размера зазора *в*. Углового смещения не будет, если соблюдается равенство

$$b_1 + b_3 = b_2 + b_4.$$

После точной установки двигателя затягивают его крепежные болты, а затем вновь производят выверку с измерением зазоров *a* и *b* во всех положениях валов, убеждаясь, что при окончательном закреплении правильное положение валов не нарушилось.

Если двигатель устанавливают на бетонном фундаменте, после его выверки и закрепления под плиту или раму делают подливку жидким цементным раствором, предварительно очистив от загряз-

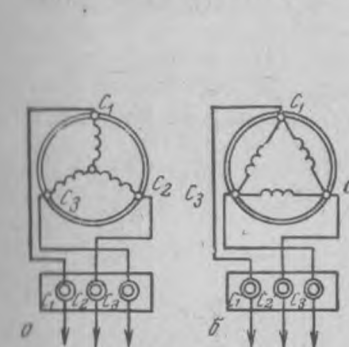


Рис. 8.6. Схема соединения в коробке зажимов при трех выводах: *a* — в звезду, *б* — в треугольник

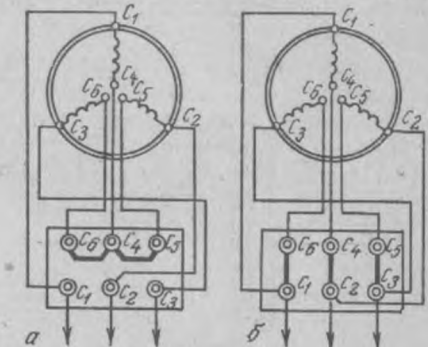


Рис. 8.7. Схема соединения в коробке зажимов при шести выводах: *a* — в звезду, *б* — в треугольник

нений и масла все участки и детали фундамента и смочив их водой.

Обмотки трехфазных электродвигателей можно соединять в звезду или в треугольник. При этом, если соединение выполнено на заводе-изготовителе, в коробку зажимов выводят начала трех обмоток с маркировкой: *C*<sub>1</sub> — начало фазы *A*, *C*<sub>2</sub> — начало фазы *B* и *C*<sub>3</sub> — начало фазы *C* (рис. 8.6). Буква *C* означает вывод обмотки статора.

Если в процессе эксплуатации предусматривается изменение схемы соединения обмоток, то в коробку зажимов двигателя выводят не только начала обмоток (*C*<sub>1</sub>, *C*<sub>2</sub> и *C*<sub>3</sub>), но и их концы — (*C*<sub>4</sub>, *C*<sub>5</sub> и *C*<sub>6</sub>). В зависимости от величины питающего напряжения обмотки соединяют (рис. 8.7) в звезду (при линейном напряжении 280 В) или в треугольник (220 В).

Перед сдачей в эксплуатацию на электродвигателях и приводимых механизмах должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения. Выводы обмоток и кабельные воронки защищаются крышками и ограждениями.

### 8.5. Техника безопасности при монтаже силового электрооборудования

Блоки и отдельные панели щитов, а также силовые шкафы следует перевозить на автомашинах в вертикальном положении с закреплением растяжками и упорами.

При перемещении шкафов и щитов по прочному полу или настилу необходимо пользоваться роликовыми ломами (ломы подводят под груз в двух местах сзади и в одном — спереди).

Строповку грузов при подъеме производят стропами — короткими кусками цепи или стального каната, снабженными крюками, петлями, коушами и т. д.

Устанавливать на место монтажа щиты, шкафы и пусковые ящики массой более 196 Н (20 кг) следует не менее чем двум рабочим.

При установке конструкций, закрепляемых в стенах, потолка или полах с помощью цементного раствора, нельзя удалять поддерживающие детали (подпорки, растяжки и т. д.) до полного затвердевания раствора.

При наличии кабельных каналов сзади или спереди щита на время его монтажа необходимо закрыть их плитами или досками толщиной не менее 50 мм.

Собранные блоки панелей до их постоянного закрепления необходимо временно скрепить между собой и с ближайшей стеной.

При установке и регулировке аппаратов щита, имеющих движущиеся части на обратной стороне панели (например, рубильника с рычажным приводом), необходимо принять меры для безопасности работающих сзади щита.

Работы по установке двигателей средней и большой мощности на фундаменты и конструкции производят только грузоподъемными механизмами, установленными или подвешенными на месте монтажа.

Работы по установке электродвигателей на фундаменты следует выполнять в рукавицах.

Электродвигатели массой до 490 Н (50 кг) на низкие фундаменты можно устанавливать вручную, но не менее чем двумя рабочими.

Запрещается проверять пальцами совмещение отверстий в собираемых панелях щитов или в полумуфтах (для этой цели используют специальные шаблоны).

Запрещается перемещение и установка щитов без принятия мер, предупреждающих их опрокидывание.

При затяжке болтовых соединений полумуфт запрещается: пользоваться вместо гаечных ключей каким-либо другим инструментом; удлинять гаечные ключи другими ключами, отрезками труб и т. д.; пользоваться неисправными гаечными ключами или ключами несоответствующих размеров.

Перед пробным пуском электродвигателя необходимо проверить: крепление фундаментных болтов и прочих элементов оборудования; отсутствие посторонних предметов внутри или вблизи оборудования; наличие защитного заземления.

? 1. Как проверить сопротивление изоляции пускорегулирующих аппаратов? 2. Составьте схему измерения сопротивления изоляции обмоток электродвигателя. 3. Составьте схему определения целостности обмоток электродвигателя. 4. К чему может привести сильная вибрация двигателя при работе? 5. Почему обмотки серийных трехфазных электродвигателей при напряжении 380/220 В

соединяют в звезду, а при напряжении 220/127 В — в треугольник? 6. Как изменить направление вращения ротора трехфазного электродвигателя? 7. Перечислите основные работы по монтажу электродвигателя, определив порядок их проведения и объясните суть каждой операции. 8. Как правильно заземлить корпус электродвигателя?

## Глава 9. УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ ШИНОПРОВОДОВ И ТРОЛЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ

### 9.1. Общие сведения

Ш и н о п р о в о д представляет собой устройство из неизолированных или изолированных проводников, изоляторов и конструкций, которые служат для передачи и распределения электроэнергии в производственных помещениях, на территориях промышленных предприятий и т. д. По сравнению с обычными видами электропроводок шинопроводы имеют высокую надежность электроснабжения и меньшие затраты времени и средств при монтажных работах, они дают возможность переместить в цехе электроприемники в любое место и безопасно отсоединить и присоединить их без перерыва в электроснабжении других электроприемников. Кроме того, они занимают мало места и не требуют особого ухода.

Конструкция шинопровода зависит от размеров шин, их формы и взаимного расположения, типа изоляторов и способа защиты шин от воздействия окружающей среды.

Для питания силовых электроприемников в цехах промышленных предприятий при напряжении до 1000 В применяют: *закрытые* (шины располагаются в сплошном коробе); *защищенные* (с ограждениями из сеток или перфорированных коробов для защиты шин от возможного прикосновения); *открытые* (шины не защищены от прикосновения и попадания случайных предметов) шинопроводы.

В последнее время для монтажа осветительных устройств большой мощности широко применяют *осветительные* шинопроводы.

### 9.2. Закрытые и защищенные шинопроводы

Шинопроводы закрытого и защищенного исполнения подразделяют на магистральные и распределительные.

Магистральные шинопроводы марки ШМА (шинопровод магистральный с алюминиевыми шинами) предназначены для монтажа цеховых магистральных линий, питающихся от трансформаторных подстанций, и рассчитаны на силу тока 1600...4000 А.

Защищенный (закрытый) шинопровод ШМА (рис. 9.1) состоит из стального перфорированного короба 1, стянутого обоймой 2, в котором между изоляторами 3 закреплены алюминиевые спаренные шины 4. Для предотвращения замыкания между близко расположенными шинами разных фаз проложен слой изоляции 5, выполненный из стеклоткани марки ЛСЭ, обладающей хорошими

изоляционными свойствами и тепловой стойкостью. К опорным конструкциям шинопровод крепят двумя уголками б, проходящими вдоль секции.

Промышленность выпускает магистральные шинопроводы, представляющие собой типовые секции различного назначения — прямые, угловые, тройниковые, компенсационные, подгоночные, ответвительные, переходные и др.

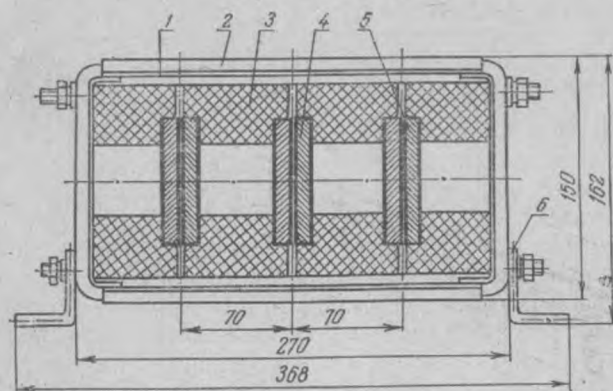


Рис. 9.1. Закрытый шинопровод

Некоторые виды современного производства (электродвигатели главных приводов прокатных станов, электрохимические установки и т. п.) требуют применения мощных электрических установок постоянного тока. Для питания таких электроприемников, а также для выполнения электрических сетей общепромышленных установок напряжением до 1200 В предназначены *магистральные шинопроводы постоянного тока ШМАД-70 и ШМАДК-70* на номинальные токи величиной 1600...6300 А. Полюсы таких шинопроводов выполнены из алюминиевых прямоугольных шин. Шины секций соединяют сваркой, а опорные уголки стыкуемых секций — шпильками обойм и дополнительно сваркой.

Распределительные шинопроводы с алюминиевыми шинами серии ШРА предназначены для распределения электроэнергии между электроприемниками. Они выпускаются на номинальные токи 250, 400 и 630 А.

Прямая секция *распределительного шинопровода ШРА-73* (рис. 9.2) состоит из трех фазных голых алюминиевых шин 1 и нулевой шины 2, закрепленных в стальном корпусе 3 на изоляторах. Короб имеет окна 4 для установки ответвительных коробок. Если в каком-то месте цеха электроприемника нет и ответвительная коробка не нужна, окна в корпусе шинопровода закрывают шторкой 5. Для удобства секции снабжают монтажными окнами большого размера, которые после окончания монтажных работ закрывают крышками 6.

Осветительные шинопроводы серии ШОС комплектуют из прямых, угловых, гибких и вводных секций, снабженных штепсельными разъемами, рассчитанными на силу тока 10 А. Прямая секция состоит из стального корпуса прямоугольного сечения, в котором смонтированы четыре медных изолированных провода (три фазных и один нулевой). Через каждые 500 мм на шинопроводе установлены однофазные штепсельные гнезда, закрытые крышками. К ши-

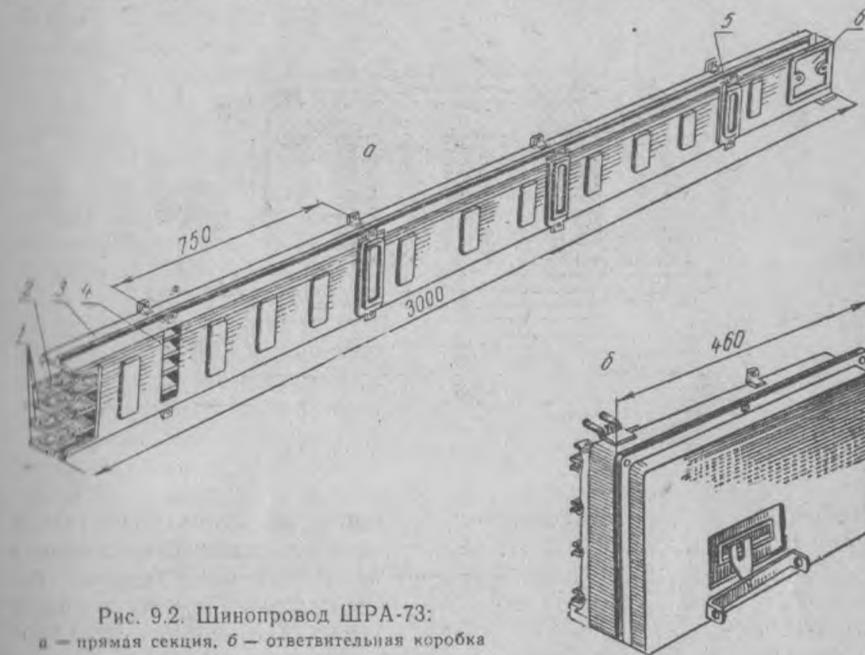


Рис. 9.2. Шинопровод ШРА-73:  
а — прямая секция, б — ответвительная коробка

нопроводу электроприемники подключают с помощью специальных двухполюсных вилок (со шнуром длиной 1...2 м), входящих в комплект шинопровода. Корпус последнего заземлен через соединенный с ним нулевой провод. При монтаже отдельные секции соединяют между собой штепсельными соединениями.

В настоящее время выпускают осветительные шинопроводы ШОС-67, ШОС-73А, ШОС-73 на номинальные токи соответственно 25, 63 и 100 А.

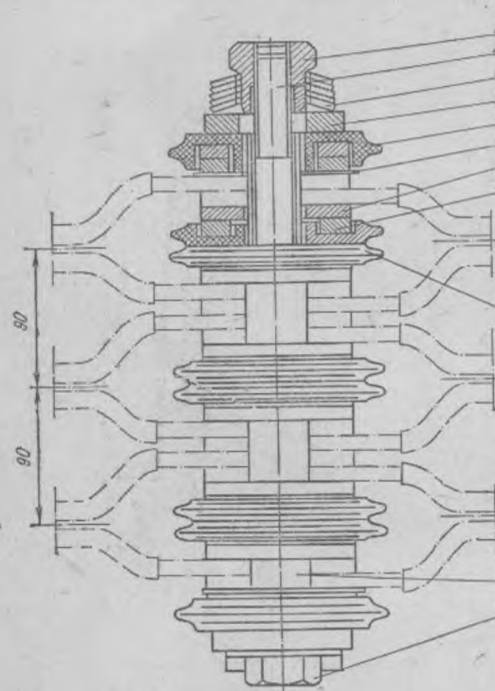
### 9.3. Монтаж магистральных шинопроводов

Магистральные шинопроводы прокладывают по стойкам, фермам, стенам, колоннам, используя опорные конструкции, входящие в комплект шинопровода.

Для подготовки шинопровода к монтажу в МЭЗ или непосредственно на монтажном объекте (при небольшом объеме работ) из отдельных секций на специальных стендах собирают блоки длиной

до 12 м. Закрепленные на стене секции устанавливают таким образом, чтобы удобно было соединять шины (сваркой или болтовыми сжимами).

Сварка шин во многом напоминает сварку алюминиевых проводов больших сечений. Концы шин зачищают металлической щеткой, соединяют внахлестку и зажимают в таком положении в специальных зажимных устройствах — кондукторах. Электродом служит круглый угольный стержень диаметром 18 мм или угольный стержень прямоугольного сечения размером 18×18 мм.



Прутки присадочного материала нарезают из алюминиевой проволоки диаметром 10 мм или применяют специальные прутки. Перед сваркой присадочные прутки покрывают флюсом ВАМИ. После сварки место соединения изолируют стеклотканью, лакотканью с использованием эпоксидного компаунда. В последнее время в опытным порядке устанавливают также специальные пластмассовые пеналы, которые надевают на шины в месте сварки.

Для разъемного соединения секций или блоков используют болтовые сжимы. Болтовой сжим (рис. 9.3)

Рис. 9.3. Болтовой сжим шинпровода ШРА

состоит из шпильки 2, которая проходит сквозь изолятор 10 и имеет две гайки — большую 1 и малую 11. Соединяемые шины фиксируют в нужном положении круглыми изоляторами 9 и шайбами 8 и 7. Для изоляции опорной шайбы 4 служит специальный изолятор 5 на гетинаксовой прокладке 6. Тарельчатые пружины 3 предотвращают ухудшение электрического контакта, вызванное течью алюминия.

После соединения шин сваривают опорные уголки и собирают кожухи. Собранный блок секций испытывают напряжением и доставляют к месту установки.

Для прокладки шинпроводов по стенам и потолкам применяют кронштейны (рис. 9.4, а), снабженные крепежными зажимами, с помощью которых шинпровод закрепляют за опорные уголки. На стенах кронштейны крепят дюбелями с распорной гайкой, а если шинпровод прокладывают по колоннам, то кронштейны устанавли-

ливают на хомутах, охватывающих колонну. Если расстояние между колоннами превышает 3 м, при монтаже шинпроводов используют подвесы (рис. 9.4, б), которые крепят к потолку или ферме с помощью вертикальных спусков или растяжек. Стойки (рис. 9.4, в) позволяют проложить шинпровод в любом направлении на удобной для монтажных и ремонтных работ высоте. Их устанавливают на закладных болтах М16, закладных рамах и т. д.

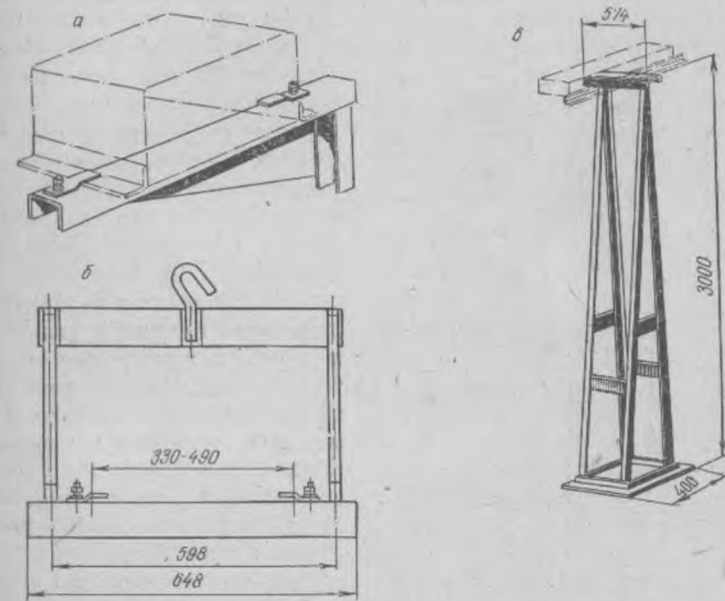


Рис. 9.4. Опорные конструкции для магистральных шинпроводов:

а — кронштейн, б — тросовый подвес, в — стойка

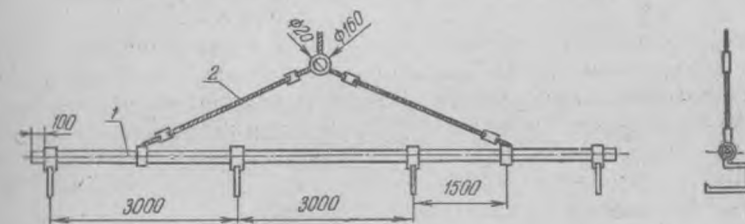


Рис. 9.5. Траверса для подъема блоков секций шинпроводов

После выверки опорных конструкций по струне и уровню смонтированные блоки шинпроводов осторожно поднимают автокранами, мостовыми кранами или лебедками. Блоки длиной до 7,5 м можно поднимать специальными стропами, а если блок имеет большую длину, его следует поднимать траверсами 1 (рис. 9.5), состоящими из швеллера или стальных труб с постоянными тросами 2. После



подъема блоки закрепляют на конструкциях, выполняют необходимые соединения, монтируют вводы в трансформаторные подстанции и шкафы, а также цепи заземления.

#### 9.4. Монтаж распределительных шинопроводов

Для монтажа распределительных шинопроводов после разметки трасс устанавливают опорные конструкции — стойки, кронштейны или тросовые подвесы (рис. 9.6). Затем отдельные секции осматривают, устраняют мелкие неисправности и в случае необходимости

заменяют поврежденные изоляторы. С концов шин удаляют консервирующую смазку, протирают их бензином и зачищают стальными щетками. Далее из отдельных секций собирают блоки длиной до 12 м (шины соединяют болтами).

После этого с шинного соединения удаляют наплывы вазелина, появившиеся при затяжке, закрывают монтажные окна, сочленяют кожухи винтами, для создания непрерывной цепи заземления соединительную планку приваривают к лапкам. После установки и закрепления блоки соединяют между собой, присоединяют шинопровод к питающим цепям, монтируют цепи заземления и устанавливают в нужных местах шинопровода ответвительные коробки.

От шинопровода к электроприемникам провода подводят в стальных трубах, вывод из коробки защищают гибким металлорукавом.

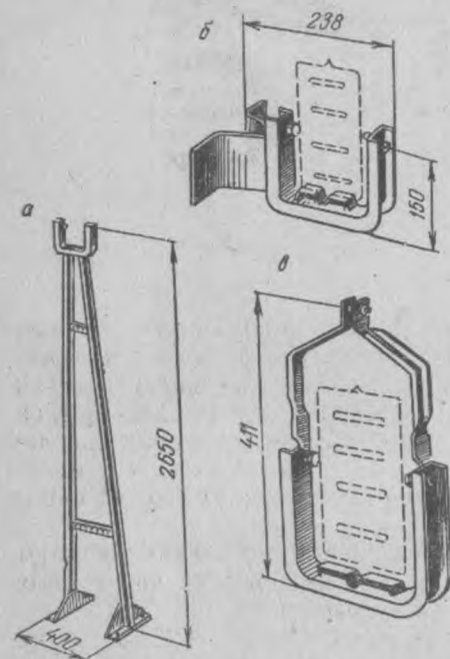


Рис. 9.6. Опорные конструкции для распределительных шинопроводов: а — стойка, б — кронштейн, в — тросовый подвес

#### 9.5. Монтаж осветительных шинопроводов

Осветительные шинопроводы можно прокладывать на плоских поверхностях стен и потолков, на распределительных шинопроводах, специальных квадратных стальных трубах, фермах, трубопроводах, тросах и т. д. Для этой цели промышленность выпускает различные скобы, хомуты, стойки, квадратные трубы с кронштейнами.

Светильники устанавливают непосредственно на шинопроводе или отдельно от него. Между точками крепления шинопровода до-

пускается расстояние до 3 м при условии, что масса укрепленных на нем светильников не превышает 11,76 Н (12 кг) на 1 м его длины. Для сокращения затрат труда и времени отдельные секции шинопровода собирают на полу или на стенде в блоки длиной 6, 9 или 12 м. Перед соединением секций (рис. 9.7, а) ослабляют четыре винта 3, скрепляющих полумуфты (между полумуфтами должен образоваться зазор 3...4 мм). Далее вывертывают на 1,5...2 витка два сжимных винта 1 штепсельной розетки и при надетых полумуф-

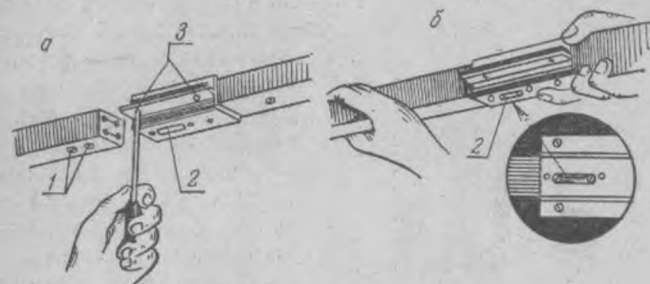


Рис. 9.7. Соединение секций шинопровода ШОС67: а — подготовка к соединению, б — соединение

тах вставляют вилку в розетку, надвигая примыкающую секцию (рис. 9.7, б). Полный заход вилки в розетку контролируют положением сжимных винтов розетки: при полном заходе вилки головки винтов должны находиться против овальных отверстий 2 нижней полумуфты. После затяжки этих винтов зажимают винты крепления полумуфты. Таким образом выполняют электрическое и механическое соединения секций любой конструкции (прямых, угловых, вводных и гибких).

После сборки секций в блоки к ним крепят светильники, а затем блоки с помощью траверс поднимают, устанавливают на опорные конструкции, стыкуют между собой и закрепляют.

Светильники доставляют на монтажный объект из МЭЗ, где их заряжают, снабжают штепсельными разъемами и испытывают. Подключают их к шинопроводу смонтированными в шинопроводе штепсельными розетками: из штепсельного гнезда вынимают заглушку и штепсель вставляют таким образом, чтобы его выступы совпали с прорезами в окне секции.

#### 9.6. Открытые шинопроводы

Распределение энергии к электроприемникам, а также ее подача от трансформаторной подстанции в цеха промышленных предприятий могут выполняться неизолированными шинами, проложенными на изоляторах. Такие шинопроводы, называемые открытыми, по условиям техники безопасности монтируют на высоте не менее 3,5 м. В качестве шин используют алюминиевые полосы прямоугольного сечения размерами не менее 40×4 мм.

Для изоляции шин от опорных конструкций применяют фарфоровые опорные или специальные троллейбусные изоляторы серии К700, а также изоляционные клицы (рис. 9.8) в виде двух пластин с вырезами для одной шины или целого пакета шин.

Для закрепления шины на изоляторе в ней высверливают отверстие под крепежный болт с пружинной шайбой. При своей простоте такой способ крепления имеет существенный недостаток, который заключается в том, что в месте, где высверлено отверстие, уменьшается площадь поперечного сечения шины. Наиболее совершенный метод крепления шины — это установка шинодержателей, удерживающих одну или несколько параллельно проложенных шин и не требующих дополнительных слесарных работ.

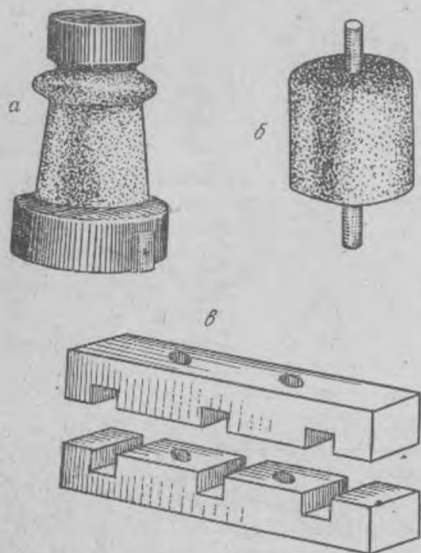


Рис. 9.8. Изоляторы:  
а — опорный, б — троллейбусный, в — клица

Если шинопровод с алюминиевыми шинами имеет длину более 15 м, то для компенсации температурных удлинений должны применяться шинные компенсаторы.

В шинопроводах, рассчитанных на большие токи, каждую фазу выполняют из двух, трех или четырех шин, собранных в пакет.

Шинопроводы прокладывают по стенам на кронштейнах, а по потолкам — на подвесках или мостовых конструкциях. Для защиты шинопроводов от попадания посторонних предметов и для предупреждения прикосновения к ним применяют сетчатые ограждения, которые можно снимать при ремонтных работах.

Открытые шинопроводы монтируют в такой последовательности. В соответствии с разметкой устанавливают металлоконструкции с изоляторами, прокладывают и закрепляют на изоляторах шины, затем присоединяют шины к источникам тока и к электроприемникам.

Металлоконструкции для шинопроводов изготавливают в МЭЗ, устанавливают на них изоляторы, шинодержатели или клицы, доставляют на монтажные объекты и крепят пристреливанием, вмазыванием или приваркой к закладным деталям.

Шинные полосы заготавливают также промышленным методом в МЭЗ, где их обрабатывают, изгибают и соединяют в плети. Незаземленное соединение шин выполняют сваркой, а разъемное — болтами. Концы их зачищают на шинфрезерных или заточных станках или применяя различные зачистные приспособления. При малом объеме работ шины можно зачищать драчевыми напильниками под

слоем технического вазелина, который после зачистки удаляют и заменяют чистым вазелином. После этого шины предварительно окрашивают, маркируют, сворачивают в бухты или наматывают на инвентарные кассеты и доставляют на объект монтажа.

После выпрямления шины устанавливают в шинодержатели или непосредственно на изоляторы и предварительно затягивают болты крепления. В смонтированном шинопроводе шины должны быть прямыми и ровными, без местных сближений в пролете между точками крепления. С этой целью на одном из концов шинопровода монтируют натяжное устройство типа УН, с помощью которого шины натягивают и окончательно крепят в шинодержателях. Натяжное устройство используют в процессе последующей эксплуатации шинопровода для натягивания шин, удлиняющихся с течением времени вследствие текучести алюминия.

Спуски от шинопровода к электроприемникам выполняют кабелями или проводами, проложенными в трубах и металлорукавах. Сквозь стену и перекрытие шинопровод пропускают через разборную изоляционную плиту, закрывающую проем в стене.

После окончания монтажных работ шины и шинодержатели повторно окрашивают: фазу А — в желтый, фазу В — в зеленый и фазу С — в красный цвета. В шинопроводах постоянного тока положительную шину окрашивают в красный цвет, а отрицательную — в синий. Слой краски также защищает шины от коррозии и способствует их лучшему охлаждению (теплоотдача окрашенных шин значительно выше). Если фаза шинопровода состоит из одной шины, ее окрашивают со всех сторон, а в пакетах — только внешние поверхности шин. Не окрашивают болтовые соединения, а также участки по краям окаймляют полосками, нанесенными черной краской). В шинопроводах, а также в распределительных устройствах красная шина находится ниже других и дальше от стены, зеленая — посередине.

### 9.7. Открытые троллейные магистрали

Троллейные линии служат для питания подвижных подъемно-транспортных механизмов (кранов, кран-балок, электроталей и т. д.) и представляют собой трехфазные токопроводы, проложенные вдоль подкрановых путей. В качестве токопроводящих контактных проводников применяют стальные шины из угловой стали, установленные на специальных троллейных изоляторах.

Для монтажа открытых троллейных магистралей используют унифицированные кронштейны (рис. 9.9) с установленными на них изоляторами 1 и тролледержателями 2. Кронштейны крепят непосредственно на стенах или на подкрановых балках болтами или приваркой к закладным деталям (в случае, если подкрановые балки стальные). Для компенсации температурных удлинений шин между отдельными секциями магистрали при монтаже длинных участков (30 м и более) применяют шинные компенсаторы. Нали-

чие напряжения на троллейной линии определяют по троллейному светофору (рис. 9.10), который состоит из трех сигнальных ламп, смонтированных на стальной стойке 1 и защищенных цветными стеклами 2. Для подключения светофора к троллеям служит соединительная коробка 3. От сигнальных ламп не требуется создания

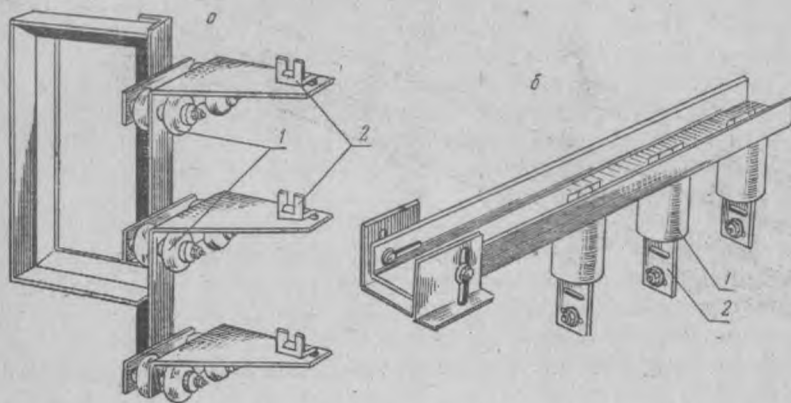


Рис. 9.9. Кронштейны для троллейных магистралей:  
а — вертикальный, б — горизонтальный

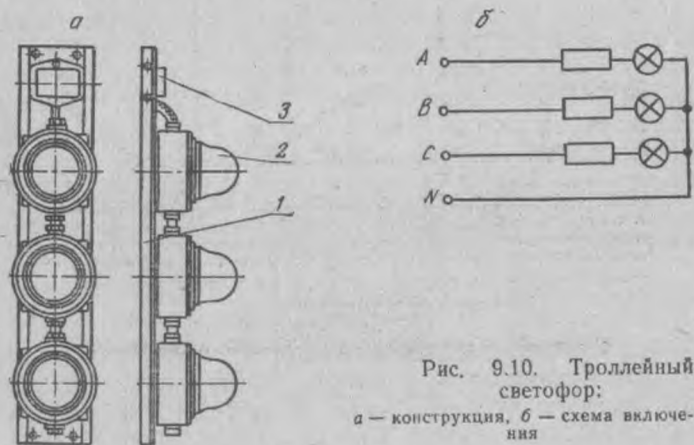


Рис. 9.10. Троллейный светофор:  
а — конструкция, б — схема включения

большой освещенности, поэтому для увеличения срока их службы последовательно с каждой лампой включен резистор сопротивлением 300 Ом (рис. 9.10, б).

Монтаж троллейных магистралей начинают после того, как строительная часть здания полностью закончена и смонтированы подкрановые балки и рельсы. Заготавливают троллейные блоки в МЭЗ по шаблонам или на кондукторах. Кондуктор для сборки троллеев (рис. 9.11) состоит из сварной стальной рамы 1, которая опирается на приваренные к ней подрамники 2. На раме смонтированы струб-

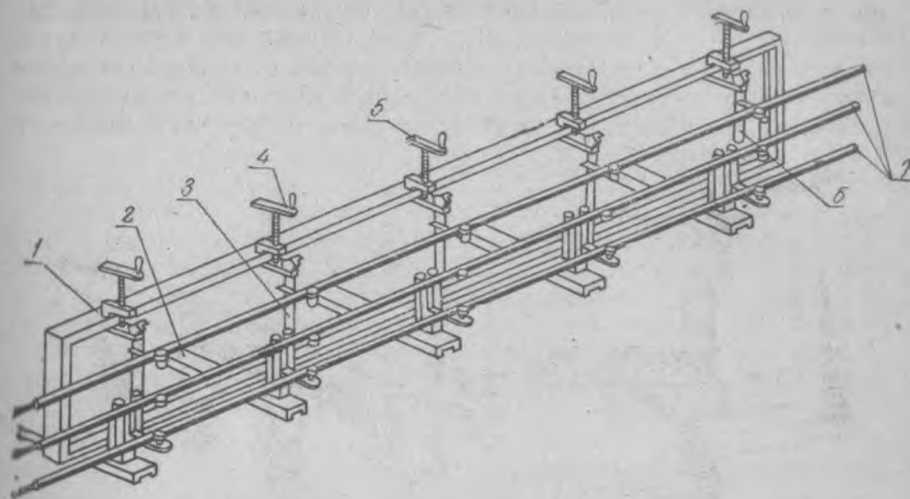


Рис. 9.11. Кондуктор для сборки троллеев в блоки

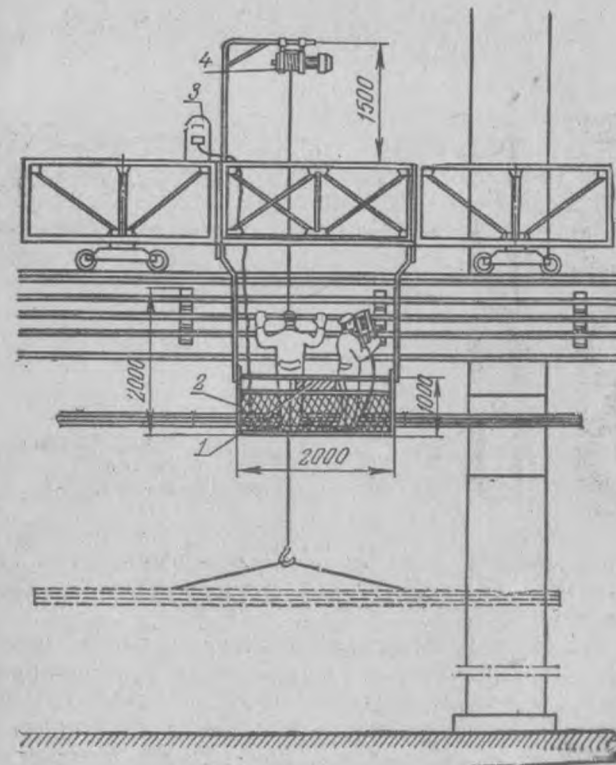


Рис. 9.12. Монтаж крановых троллеев

цины для удержания элементов блока при его сборке. В промежуточных струбцинах 4 зажимают шаблоны 3, по которым выполняют сборку блока, а с помощью средней и крайних струбцин 5 закрепляют конструкции, служащие для монтажа блока троллеев и для закрепления блока на стене при установке магистрали. После закрепления элементов 4 и 6 собирают блок и устанавливают троллей 7.

Готовый блок помещают в специальную кассету, доставляют к месту установки, лебедками поднимают на нужную высоту и монтируют с автовышек, монтажных тележек, автогидроподъемников. При монтаже троллеев с помощью монтажной тележки (рис. 9.12) тележку 2 с ящиком 1 для хранения инструмента закрепляют на металлоконструкциях мостового крана. Над ней на кронштейне устанавливают электролебедку 4 для подъема блоков и сварочный трансформатор 3.

### 9.8. Троллейный шинопровод

Троллейные шинопроводы серии ШТМ предназначены для питания подъемно-транспортных механизмов (однобалочных подъемных кранов, электроталей, подвесных кран-балок и передаточных тележек) и применяются в производственных помещениях с нормальной средой. Их также можно использовать для питания электрифицированного инструмента при напряжении 220/380 В. В комплект шинопроводов входят прямые (длиной 750, 1000, 1500 и 3000 мм), угловые и концевые секции. Прямая секция троллейного шинопровода (рис. 9.13, а) представляет собой стальной короб 4 со сплошной щелью внизу для прохода токосъемной каретки, которая перемещается вдоль шинопровода при движении подъемного механизма. Внутри короба через каждые 300 мм длины закреплены изоляторы 2, удерживающие четыре (три фазных и нулевой) медных троллея 3. Для соединения секций шинопровода и ввода в них токосъемных кареток служат соединительные муфты 1.

Угловые секции (рис. 9.13, б) устроены так же, как и прямые, но короб у них изогнут под углом 45 или 90° с радиусом закругления 800, 1200 и 1400 мм. Они позволяют собрать шинопровод с самой разнообразной формой трассы (с поворотом на 45 или 90°).

Токосъемные каретки устанавливают на электротали или кран-балке на специальной ведущей скобе. Каретка представляет собой металлическую тележку с четырьмя направляющими роликами. На ней (рис. 9.13, в) смонтированы четыре блока токосъемных контактов, каждый из которых включает в себя две медно-графитные щетки. Тележка может быть укомплектована автоматами, предохранителями или клеммником.

Применение троллейных шинопроводов вместо открытых троллеев значительно снижает расход металла и трудовых затрат при монтажных работах.

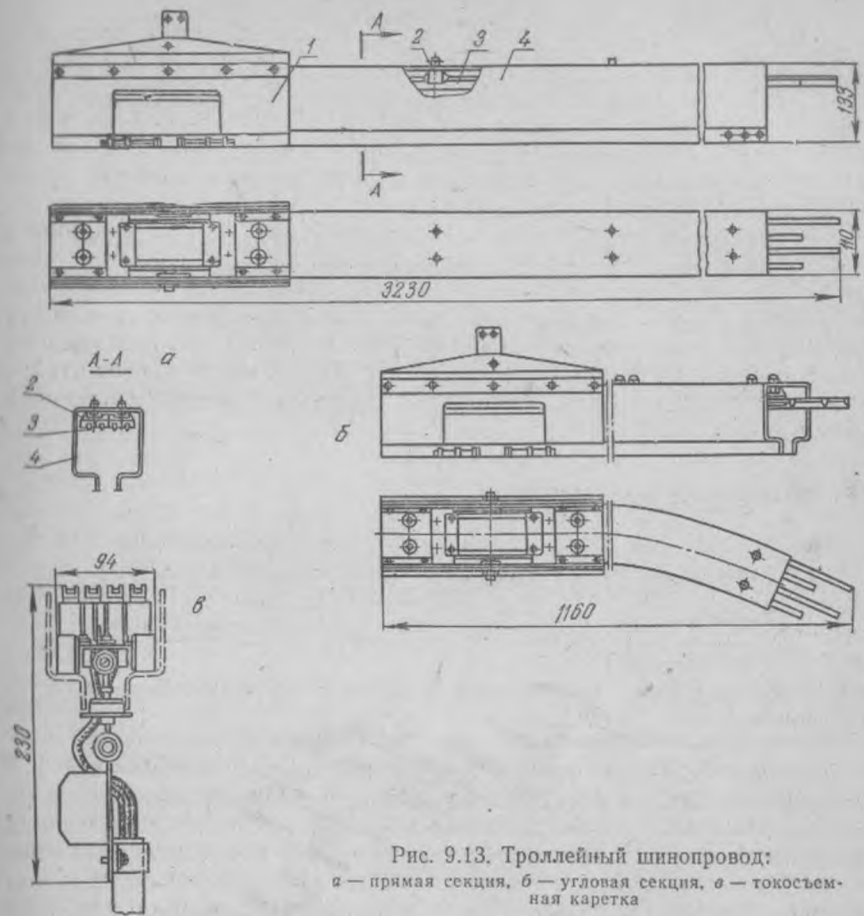


Рис. 9.13. Троллейный шинопровод: а — прямая секция, б — угловая секция, в — токосъемная каретка

### 9.9. Техника безопасности при монтаже шинопроводов

Монтаж шинопроводов связан с подъемом рабочих на высоту и с использованием электронного инструмента, поэтому в первую очередь следует соблюдать правила безопасности, касающиеся этих видов работ (см. главу 4).

При монтаже шинопроводов подъемными механизмами можно пользоваться только, если они испытаны и освидетельствованы по установленным правилам. Передвижение автовышек и подмостей разрешается только тогда, когда рабочая площадка опущена до минимальной высоты. Если на площадке находятся люди, трассу передвижения необходимо тщательно осмотреть, чтобы обеспечить свободное и плавное передвижение механизма.

Работа на высоте с площадки автомеханизма допускается только при заторможенной специальными упорами или деревянными подкладками ходовой части машины.

Если монтаж ведется на подкрановых путях действующих подъемных кранов, с троллеев следует снять напряжение и принять меры против возможного перемещения крана к месту монтажных работ. Для наблюдения за ходом работ выделяется специальный работник.

Смонтированный шинопровод нельзя использовать в качестве опорной конструкции для проведения других работ, нельзя становиться на него, укреплять на нем настилы и т. д.

При стыковке двух секций, блоков или отдельных шин проверять совпадение отверстий можно только металлическим стержнем.

1. По каким внешним признакам можно отличить магистральный шинопровод от распределительного? 2. Что такое стеклоткань АСЭ и какими свойствами она обладает? 3. Как компенсируются температурные удлинения шин в закрытых шинопроводах? 4. Назовите марку алюминия, из которого изготавливают шины. 5. Почему в закрытых шинопроводах, рассчитанных на большие токи, используют не шины большого сечения, а спаренные шины меньшего сечения? 6. С какой целью окрашивают шины? 7. Какими свойствами должны обладать щетки троллейного шинопровода? 8. В чем преимущества закрытых шинопроводов перед открытыми?

## Глава 10. МОНТАЖ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАНУЛЕНИЯ

### 10.1. Защитная роль заземления в сетях с глухозаземленной нейтралью

Одна из наиболее частых причин поражения током — это повреждение изоляции электроприемников, в результате которого их металлический корпус оказывается под напряжением. Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции металлические нетокопроводящие части электрооборудования заземляют. Комплекс технических устройств, служащих для этой цели, называется защитным заземлением.

В сети с глухозаземленной нейтралью электроприемники получают питание от обмоток источника, соединенных в звезду, нулевая точка которой надежно соединена с землей.

Прикосновение человека к токопроводящему проводнику в сети с глухозаземленной нейтралью представляет большую опасность. При этом образуется замкнутая цепь (рис. 10.1, а) и под действием напряжения с фазы А через тело человека, обувь, пол, землю и заземление нейтрали течет поражающий ток. Опасно также прикосновение к электроприемнику, в котором произошло замыкание на заземленный корпус.

Для пояснения сказанного рассмотрим следующий пример. Пусть сопротивление заземления электродвигателя (рис. 10.1, б)  $r_a$  равно 3,5 Ом, а сопротивление заземления нейтрали  $r_0$  равно 0,5 Ом. При замыкании фазы А на корпус в замкнутой цепи, составленной из обмотки источника, провода фазы А, корпуса и заземле-

ния двигателя, а также земли и заземления нейтрали, потечет ток. При величине фазного напряжения  $U_{\phi}$ , равной 220 В, пренебрегая сопротивлением сети, корпуса и земли, легко подсчитать силу тока однофазного замыкания на землю

$$I_{0.з} = \frac{U_{\phi}}{r_0 + r_a} = \frac{220}{0,5 + 3,5} = 55 \text{ А.}$$

Этот ток создает падения напряжения: на заземлении нейтрали

$$U_0 = I_{0.з} \cdot r_0 = 55 \cdot 0,5 = 27,5 \text{ В;}$$

на заземлении двигателя

$$U_a = I_{0.з} \cdot r_a = 55 \cdot 3,5 = 192,5 \text{ В.}$$

Таким образом, между заземленным корпусом электродвигателя и землей возникает достаточно опасное напряжение ( $\approx 193 \text{ В}$ ), и человек, прикоснувшийся к корпусу, может получить сильный удар током.

Поэтому в установках напряжением 220 и 380 В применяют систему заземления, при которой все металлические нетокопроводящие части оборудования электрически соединяют не с землей, а с заземленной нейтралью источника. Это соединение осуществляют через нулевой провод сети (нулевой рабочий провод) или специальный нулевой защитный провод (рис. 10.1, в) и называют занулением. Предположим, что в сети с занулением произошел пробой изоляции фазы А. Поскольку сеть состоит из металлических частей, в ней нет участков со сколько-нибудь значительным сопротивлением. Поэтому любое замыкание токопроводящих частей на зануленный корпус является коротким замыканием, при котором поврежденный участок немедленно отключается защитной аппаратурой (предохранителями или автоматами). В этом и состоит защитная роль зануления.

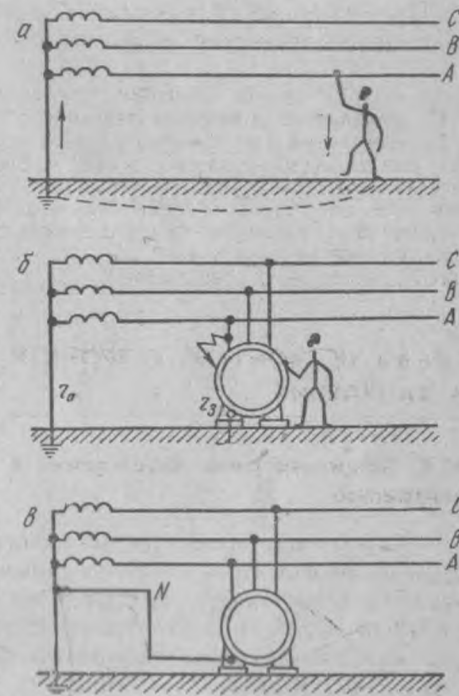


Рис. 10.1. Схема трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью:

а — условное поражение током, б — заземление электродвигателя, в — зануление электродвигателя

### 10.2. Наружный контур заземления и его монтаж

Основной частью наружного контура заземления служат заземлители — металлические детали, которые закладываются в грунт и, имея большую площадь соприкосновения с землей, обеспечивают

ют малое электрическое сопротивление контура. Различают естественные и искусственные заземлители.

Для заземления электроустановок в первую очередь должны использоваться естественные заземлители — проложенные в земле металлические трубопроводы (кроме трубопроводов с горючими, легковоспламеняющимися и взрывчатыми жидкостями или газами), обсадные трубы, металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, надежно соединенные с землей, свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле, и нулевые с повторными заземлителями рабочие провода воздушных линий напряжением до 1000 В. Естественные заземлители (кроме металлических оболочек кабелей и повторного заземления нулевого провода) должны быть присоединены к заземляющей магистрали электроустановки не менее чем в двух местах.

Если естественных заземлителей нет или они не удовлетворяют расчетным требованиям, монтируют контур наружного заземления — систему искусственных заземлителей, в качестве которых применяют:

*углубленные заземлители* (полосы или круглая сталь, укладываемые на дно траншеи по периметру фундамента);

*вертикальные заземлители* (стальные стержни диаметром 10...16 мм и длиной 4,5...5 или угловая сталь с толщиной стенки не менее 4 мм и длиной 2,5...3 м);

*горизонтальные заземлители* (круглая сталь диаметром не менее 10 мм или стальная полоса толщиной не менее 4 мм), используемые для связи между собой вертикальных заземлителей и как самостоятельные заземлители.

Монтаж наружного контура заземления производят по рабочим чертежам проекта электроустановки, который учитывает удельное сопротивление грунта в месте монтажа и максимально допустимое сопротивление заземляющего устройства в электроустановке.

По трассе, указанной в проекте, роют траншеи глубиной 0,7 м, на дне которой размечают места погружения электродов с таким расчетом, чтобы расстояния между ними были примерно одинаковыми (обычно не менее 2,5 м), а их количество соответствовало указанному в проекте.

Метод погружения электродов зависит от их формы. Круглые стальные стержни диаметром 12...16 мм вворачивают в грунт с помощью различных приспособлений. Приспособление ПВЭ (рис. 10.2, а) состоит из электрической сверлилки 1, передающей вращательное движение через редуктор 2 и зажимное устройство 3 на стержень. На нижний конец стержня обычно наваривают небольшую металлическую полоску, образующую винтовую линию. Благодаря этому элементарному шнеку, а также усилию, которое рабочий прикладывает к ручкам сверлилки, стержень при вращении довольно быстро погружается в землю. При отсутствии источника электроэнергии для ввертывания стержней применяют приспособление ПЗД-12 с двигателем внутреннего сгорания небольшой мощности (рис. 10.2, б).

Уголки погружают в грунт вибромолотом ВМ-2 (рис. 10.2, в), представляющим собой электродвигатель 1, на вал которого насажены массивные чугунные диски. Благодаря тому что диски закреплены на обоих выходных концах вала эксцентрично, при вращении

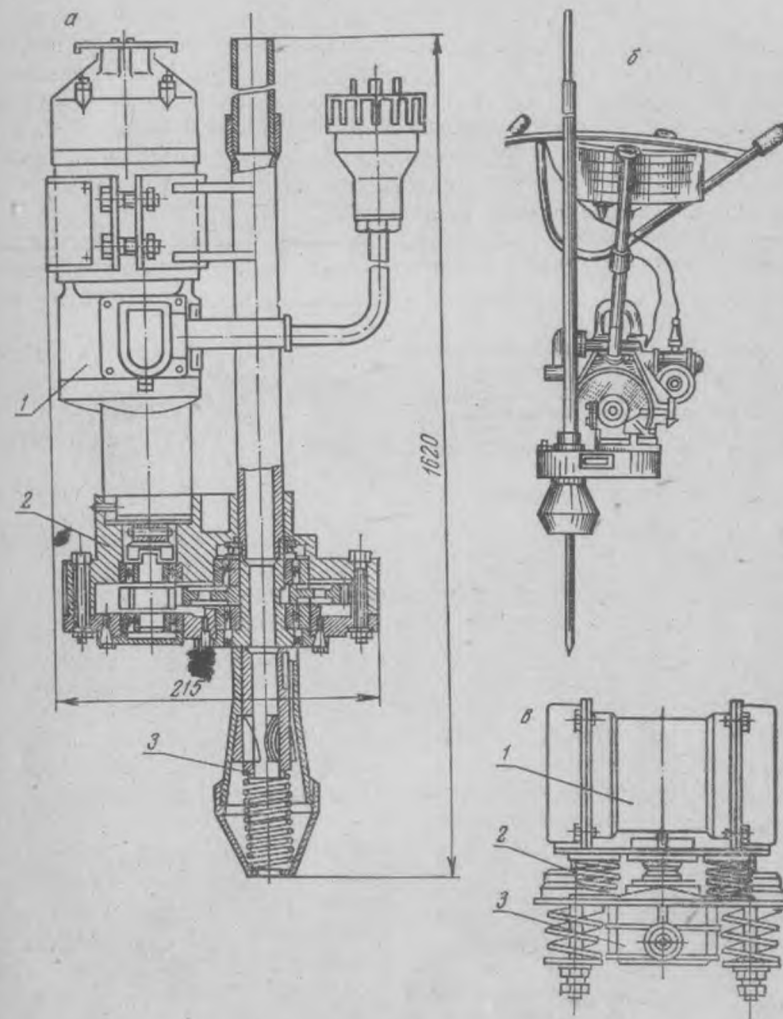


Рис. 10.2. Инструмент и приспособления для погружения электродов:  
а — приспособление ПВЭ, б — приспособление ПЗД-12, в — вибромолот ВМ-2

ротора возникает сильная вибрация, которая через пружинные подвески 2 передается на основание 3. Для погружения электрода, основание вибромолота закрепляют на верхнем конце электрода и включают двигатель.

Для забивки электродов применяют также передвижные копры, копры-приставки к ямобуру, а в случае небольшого числа электродов — ручные молоты-бабы различных конструкций. После погружения в грунт концы электродов должны выступать над дном траншеи на 150...200 мм.

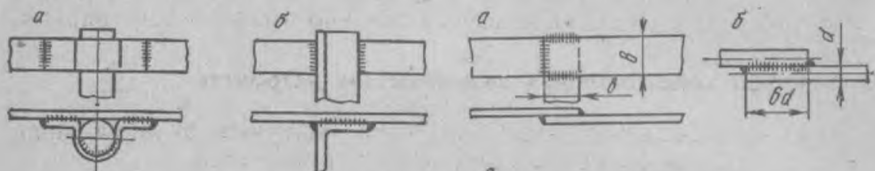


Рис. 10.3. Соединение полосы с заземлителем:

а — круглого сечения, б — из угловой стали

Рис. 10.4. Соединение и ответвление заземляющих проводников:

а — соединение плоских, б — соединение круглых, в — ответвление от полосы, г — ответвление от круглого проводника, д — соединения и ответвления термитной сваркой



После погружения вертикальных заземлителей их соединяют между собой горизонтальными заземлителями (стальной полосой сечением не менее 48 мм<sup>2</sup> и толщиной не менее 4 мм или стальным прутом диаметром не менее 10 мм) способом электрической, газовой или термитной сварки. На рис. 10.3 показаны соединения стальной полосы со стержневым заземлителем и с заземлителем из угловой стали.

Части заземлителя соединяют сваркой внахлестку (рис. 10.4). Длина нахлестки должна быть равна ширине проводника (при прямоугольном сечении) или шести диаметрам (при круглом сечении), а длина сварного шва должна быть соответственно не менее двой-



Рис. 10.5. Соединение заземляющего проводника к трубопроводу:

а — полосы, б — круглого проводника

ной ширины или шести диаметров. Если на месте производства работ отсутствует электроэнергия, отдельные элементы контура заземления соединяют между собой термитной сваркой (рис. 10.4, д). Для монтажа контура наружного заземления с использованием естественных заземлителей заземляющие проводники приваривают к трубопроводам (рис. 10.5). Все сварные соединения, расположенные в земле, для защиты от коррозии необходимо покрывать плотным слоем битумного лака. Сами заземлители и соединяющие их проводники окрашивать не следует, так как слой краски ухудшает контакт контура с землей.

В случаях, когда сварное соединение по каким-либо причинам затруднено, для присоединения заземляющих проводников к трубопроводам используют винтовые хомуты (полосы шириной не менее 40 мм и толщиной 4 мм). При установке хомутов контактную поверхность трубопровода зачищают до металлического блеска, а поверхность хомута облуживают припоем ПОС-40. Присоединение заземляющего проводника к хомуту должно выполняться сваркой.

### 10.3. Нормы сопротивления заземляющих устройств

Заземление надежно выполняет свои защитные функции лишь в том случае, если его сопротивление достаточно мало.

В сетях с глухозаземленной нейтралью большое сопротивление заземляющего устройства может привести к тому, что сила тока, возникшего при пробое изоляции, окажется недостаточной для срабатывания отключающей защитной аппаратуры. Поэтому ПУЭ строго ограничивают величину сопротивления заземляющих устройств.

Для заземления электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью нейтрали источников питания (генераторов, трансформаторов) должны быть надежно присоединены к заземлителю, который располагается в непосредственной близости от них. Если трансформаторная подстанция находится внутри цеха, допускается выносить заземлители на внешнюю сторону стены здания.

Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов и трансформаторов, должно быть не более 4 Ом. Если генератор или трансформатор имеет мощность 100 кВА и ниже, то заземляющее устройство может иметь сопротивление не более 10 Ом. При параллельной работе источников питания сопротивление заземления до 10 Ом допускается, если их суммарная мощность не превышает 100 кВА.

### 10.4. Измерение сопротивления заземляющего устройства

После окончания всех монтажных работ (за исключением засыпки траншеи при использовании вертикальных заземлителей) в обязательном порядке измеряют, соответствует ли сопротивление заземления требованиям ПУЭ. Чаще всего производят измерения с использованием амперметра и вольтметра или прибора МС-08.

В первом случае (рис. 10.6) между заземлителем  $Z$ , сопротивление которого относительно земли надо измерить, и вспомогательным токовым электродом  $T$  пропускают однофазный переменный ток  $I_x$  и измеряют величину его амперметром. Между электродом  $Z$  и  $T$  в землю погружают вспомогательный потенциальный стержень  $P$  и измеряют напряжение  $U_x$  между ним и электродом  $Z$ .

Измерение сопротивления заземлителя с использованием амперметра и вольтметра производится в следующем порядке. На требуемых расстояниях в землю забивают электроды  $P$  и  $T$  (заостренные

на концах стальные стержни длиной около 1 м). Отдельными проводами к заземлителю и электродам присоединяют амперметр и вольтметр (см. схему). Вольтметром проверяют отсутствие напряжения между заземлителем и стержнем П. Если прибор показывает какое-то напряжение, то, изменяя направление разноса стержней или пропорционально увеличивая расстояние между ними, добиваются показания, равного нулю или близкого к нему. После этого

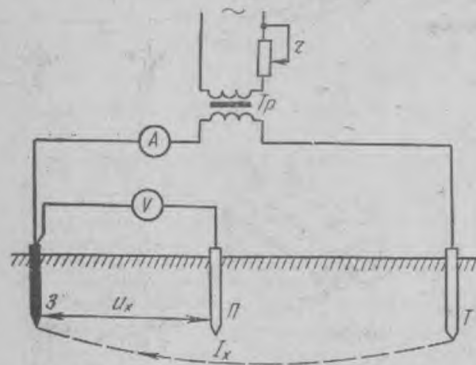


Рис. 10.6. Схема измерения сопротивления заземления методом амперметра и вольтметра

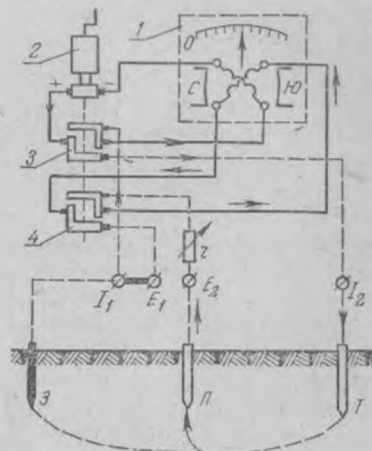


Рис. 10.7. Упрощенная схема прибора МС-08

полностью вводят реостат  $r$  и включают в сеть трансформатор  $Tr$ . С помощью реостата постепенно увеличивают силу тока и следят за показаниями амперметра и вольтметра (одновременный отсчет по приборам производят в момент, когда их показания можно зафиксировать с наибольшей точностью). Наконец, по данным измерения рассчитывают величину сопротивления заземления по закону Ома

$$r_a = \frac{U_x}{I_x}$$

В ходе измерения производят не менее трех отсчетов и за измеренную величину принимают их среднее арифметическое значение.

Преимущество такого измерения состоит в точности и возможности определения очень малых сопротивлений (до сотых долей ома). Недостатками этого метода являются необходимость наличия двух измерительных приборов и трансформатора, влияние колебаний напряжения сети на точность измерения, отсутствие непосредственного отсчета и повышенная опасность для людей, производящих измерения. Этим методом в основном измеряют величину сопротивлений заземлителей электростанций и мощных районных трансформаторных подстанций.

Величину сопротивления заземления можно измерить также прибором МС-08 завода «Энергоприбор» (рис. 10.7). Этот прибор имеет три шкалы: 10—1000, 1—100 и 0,1—10 Ом. В основу его работы положен принцип одновременного измерения тока и напряжения магнитоэлектрическим логометром. Логометр 1 имеет потенциальную и токовую рамки, закрепленные под углом и находящиеся в поле постоянного магнита. Сила тока в потенциальной рамке, включенной параллельно заземлителю 3, пропорциональна падению напряжения  $U_x$  на нем, а величина тока в рамке, включенной последовательно, пропорциональна величине  $I_x$ , текущего через заземлитель. Угол отклонения обеих рамок логометра в постоянном магнитном поле пропорционален отношению  $U_x : I_x$ , которое равно величине сопротивления заземлителя. Прибор имеет генератор постоянного тока 2 с ручным приводом, прерыватель тока 3, выпрямитель 4 и переменный резистор  $r$ , служащий

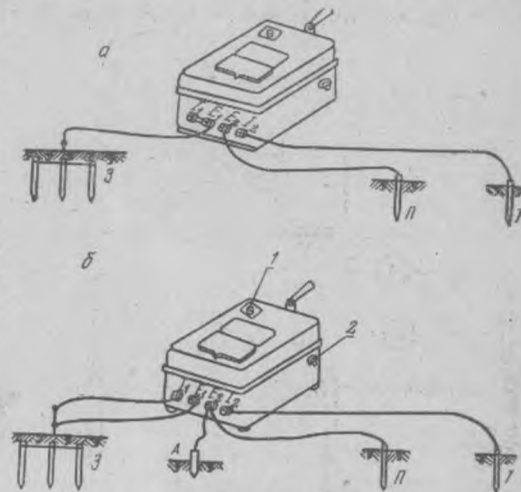


Рис. 10.8. Схемы измерения сопротивления заземления прибором МС-08: а — для больших сопротивлений, б — для малых сопротивлений

для дополнения сопротивления потенциальной цепи до величины 1000 Ом. На внешней панели прибора размещены клеммы  $I_1$ ,  $E_1$ ,  $E_2$  и  $I_2$ . При вращении рукоятки генератора его постоянный ток преобразуется на прерывателе в переменный, через клемму  $I_2$  и вспомогательный стержень  $T$  уходит в землю, а затем через испытуемый заземлитель 3 и клеммы  $I_1$ ,  $E_1$ , соединенные перемычкой, возвращается в прерыватель и далее по токовой обмотке логометра — в генератор. Проходя по земле, переменный ток создает между заземлителем и стержнем П переменное падение напряжения, которое через клеммы  $E_1$  и  $E_2$  подается на выпрямитель, а с него — на потенциальную рамку логометра.

Вспомогательные электроды забивают на определенных расстояниях в плотный грунт на глубину не менее 0,5 м прямыми ударами и не раскачивая. В зависимости от предполагаемой величины сопротивления заземлителя прибор МС-08 подключают по-разному. Для измерения больших сопротивлений его устанавливают как можно ближе к заземлителю и включают по схеме, изображенной на рис. 10.8, а. Для измерения малых сопротивлений или в случае, если прибор невозможно установить вблизи от заземлителя, снимают перемычку между клеммами  $I_1$  и  $E_1$  и включают прибор по



схеме, изображенной на рис. 10.8, б. Далее производят компенсацию сопротивления потенциальной цепи. С этой целью переключатель 1 устанавливают в положение «регулировка» и, вращая рукоятку генератора с частотой 120...135 об/мин, с помощью переменного сопротивления 2 добиваются того, чтобы стрелка совпала с красной чертой на шкале прибора. После этого переключатель переводят в положение «х 1» и, продолжая вращать ручку генератора, производят измерение на шкале 10—1000 Ом. Если отклонение стрелки при этом незначительно, переключатель переводят в положение «х 0,1» (шкала 1—100 Ом) и, если измерение не удовлетворяет, — в положение «х 0,01» (шкала 0,1 — 10 Ом). При измерении следует стремиться к тому, чтобы стрелка отклонялась не менее чем на  $\frac{2}{3}$  шкалы, после чего, не прекращая вращения рукоятки генератора, снимают показание, а затем умножают его на коэффициент, указываемый положением рукоятки переключателя.

При измерении величины сопротивления заземления прибором МС-08 отпадает надобность в сети переменного тока, что особенно важно при ремонтных и полевых работах. Кроме того, не требуется выполнения расчетов, так как измеряемая величина отсчитывается непосредственно на шкале. Недостатки в использовании МС-08 — это значительная масса прибора (около 127 Н, (13 кг) и сравнительно высокая погрешность измерения (до 12,5%).

После измерения сопротивления заземляющего устройства данные измерения сравнивают с требованиями ПУЭ. Если сопротивление меньше или равно значению, приведенному в ПУЭ, заземляющее устройство считается пригодным к эксплуатации. В случае, когда сопротивление заземляющего устройства не удовлетворяет требованиям ПУЭ, его доводят до требуемого уровня.

### 10.5. Монтаж внутренней заземляющей сети

Перед засыпкой траншей, в которых смонтирован наружный контур заземления, к нему приваривают стальные полосы или круглые стержни и вводят их внутрь здания, где находится оборудование, подлежащее заземлению. Таких вводов, соединяющих заземлители с внутренней заземляющей сетью, должно быть не менее двух и выполняются они стальными проводниками тех же размеров и сечений, что и для соединения заземлителей между собой. Как правило, вводы заземляющих проводников в здание прокладывают в негорючих неметаллических трубах, выступающих по обе стороны стены примерно на 10 мм.

В цехе промышленного предприятия, в здании трансформаторной подстанции электрооборудование, подлежащее заземлению, располагается самым различным образом, и для присоединения его к системе заземления в помещении должны быть проложены заземляющие и нулевые защитные проводники. В качестве последних используют нулевые рабочие проводники (кроме взрывоопасных установок), а также: металлические конструкции зданий (колонны,

фермы и т. п.); проводники, специально предназначенные для этой цели; металлические конструкции производственного назначения (каркасы распределительных устройств, подкрановые пути, шахты лифтов, обрамление каналов и т. п.); стальные трубы электропроводок; алюминиевые оболочки кабелей; металлические кожухи шинопроводов, короба и лотки; металлические стационарно проложенные трубопроводы любого назначения (кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, канализации и центрального отопления).

Запрещается использовать для указанной цели металлические оболочки трубчатых проводов, несущие тросы, металлорукава, броню и свинцовые оболочки кабелей, хотя сами по себе они должны заземляться или зануляться и иметь надежные соединения на всем протяжении.

Если естественные магистрали заземления использовать нельзя, то в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников используют стальные проводники, минимальные размеры которых приведены в табл. 10.1. Заземляющие проводники в помещениях должны быть доступны для осмотра, поэтому они (за исключением стальных труб скрытой электропроводки, оболочек кабелей и т. п.) прокладываются открыто.

Таблица 10.1

Проводник или заземлитель	Место прокладки	
	в зданиях	в наружных установках и в земле
Круглые проводники	Диаметр 5 мм	Диаметр 6 мм
Прямоугольные проводники	Сечение 24 мм <sup>2</sup> , толщина 3 мм	Сечение 48 мм <sup>2</sup> , толщина 4 мм
Угловая сталь	Толщина полок 2 мм	Толщина полок 2,5 мм (в НУ) и 4 мм (в земле)
Стальные газопроводные трубы	Толщина стенок 2,5 мм	Толщина стенок 2,5 мм (в НУ) и 3,5 мм (в земле)
Стальные тонкостенные трубы	Толщина стенок 1,5 мм	2,5 мм (в НУ), в земле не допускается

Проход через стены выполняют в открытых проемах, негорючих неметаллических трубах, а через перекрытия — в отрезках таких же труб, выступающих над полом на 30...50 мм. Заземляющие проводники проходят сквозь них свободно, за исключением взрывоопасных установок, где отверстия труб и проемов заделывают легко пробиваемым негорючим материалом.

Перед прокладкой стальные шины выправляют, очищают и окрашивают со всех сторон. Места соединения после сварки стыков окрашивают асфальтовым лаком, масляными красками. В сухих помещениях можно воспользоваться нитроэмалью, а в помещениях с сырыми и едкими парами нужно применять краски, стойкие к химически активной среде.

В помещениях и наружных установках с неагрессивной средой в местах, доступных для осмотра и ремонта, допускается выполнять болтовые соединения заземляющих и нулевых защитных проводников при условии, что будут приняты меры против ослабления и коррозии контактных соединений.

Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники должны иметь отличительную окраску: по зеленому фону полоски желтого цвета шириной 15 мм на расстоянии 150 мм друг

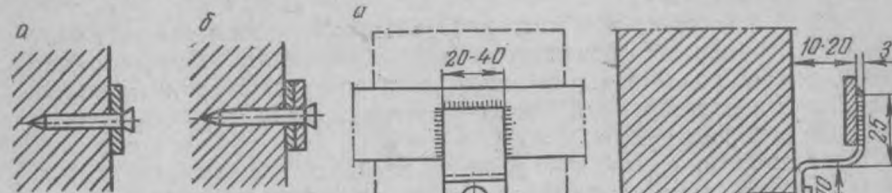


Рис. 10.9. Крепление заземляющих проводников дюбелями:

а — непосредственно к стене, б — с подкладкой

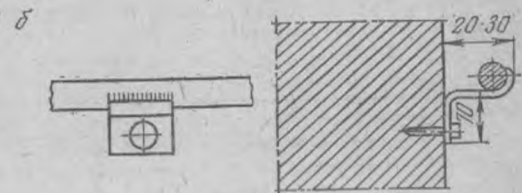


Рис. 10.10. Крепление проводников заземления к стене:

а — плоских, б — круглых

от друга. Заземляющие проводники прокладывают горизонтально или вертикально; под углом их можно прокладывать только параллельно наклонным конструкциям здания.

Проводники прямоугольного сечения крепят плоскостью к кирпичной или бетонной стене (рис. 10.9) с помощью строительного пистолета или пиротехнической оправки. К деревянным стенам заземляющие проводники прикрепляют шурупами. Опоры для крепления заземляющих проводников устанавливают с соблюдением следующих расстояний: между опорами на прямых участках — 600...1000 мм, от вершин углов на поворотах — 100 мм, от уровня пола помещения — 400...600 мм.

В сырых, особо сырых и помещениях с едкими парами крепление заземляющих проводников непосредственно к стенам не разрешается, их приваривают к опорам, закрепленным дюбелями (рис. 10.10) или вмазанным в стену.

#### 10.6. Требования ПУЭ к заземлению электроустановок

Заземление или зануление следует выполнять во всех электроустановках переменного тока напряжением 380 В и выше, 440 В и выше в электроустановках постоянного тока. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных элект-

роустановках это правило относится также к устройствам напряжением выше 42 В переменного тока и выше 110 В постоянного тока. Во взрывоопасных установках заземление и зануление выполняют при любом напряжении переменного и постоянного тока.

При напряжении до 1000 В в электроустановках с глухозаземленной нейтралью должно быть выполнено зануление. Применение в этих случаях заземления корпусов электроприемников без их зануления запрещается.

К частям, подлежащим заземлению или занулению, относятся: корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;

приводы электрических аппаратов; вторичные обмотки измерительных трансформаторов (если в проекте отсутствуют особые указания);

каркасы распределительных щитов, щитков и шкафов (если на них установлено электрооборудование напряжением переменного тока выше 42 В или постоянного тока выше 110 В);

металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции и соединительные муфты, оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, стальные трубы электропроводки, корпуса шинопроводов, лотки, короба, тросы и стальные полосы с укрепленными на них кабелями и проводами;

металлические оболочки и броня силовых, а также контрольных кабелей и проводов напряжением переменного тока до 42 В и постоянного тока до 110 В, проложенных на общих металлоконструкциях вместе с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежат заземлению и занулению;

электрооборудование, установленное на опорах воздушных линий;

металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков и машин;

металлические корпуса силовых стационарно установленных электроприемников (электрических плит, кипятильников и т. д.), а также металлические трубы электропроводки к ним в помещениях без повышенной опасности жилых и общественных зданий; корпуса и части электропроводок в лестничных клетках жилых и общественных зданий, душевых, домовых и общественных санитарных узлах, банях и тому подобных помещениях. В ваннах комнатах металлические корпуса ванн должны быть соединены с трубами водопровода.

Допускается не выполнять специальное заземление или зануление:

корпусов электрооборудования, установленного на заземленных или зануленных металлоконструкциях щитов или шкафов, станинах станков и т. п. (при условии надежного электрического контакта с основаниями);

конструкций, указанных ранее (если они имеют надежный электрический контакт с установленным на них заземленным и зануленным оборудованием);

все металлические детали на деревянных опорах воздушных линий (если заземления не требуется по условиям защиты от атмосферных перенапряжений),

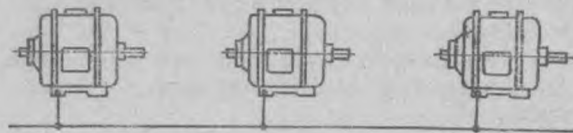


Рис. 10.11. Присоединение приемников к магистрали заземления

Теперь укажем более подробно некоторые особенности заземления и зануления электроприемников различного типа.

1. Каждая заземляемая часть электроустановки должна быть присоединена к заземляющей магистрали отдельным ответвлением (рис. 10.11). Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких частей запрещается.

2. Сечения медных и алюминиевых проводников для заземления частей электроустановки должны быть не менее указанных в табл. 10.2.

Таблица 10.2

Проводник	Сечение проводника, мм <sup>2</sup>	
	медного	алюминиевого
Неизолированные проводники при открытой прокладке	4	6
Изолированные провода	1,5	2,5
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	1	1,5

3. Заземляющие ответвления к однофазным электроприемникам должны выполняться отдельным (третьим) проводником; использовать для этой цели нулевой рабочий провод запрещается.

4. Присоединение заземляющих ответвлений к металлоконструкциям следует выполнять сваркой, а к корпусам аппаратов и машин — надежным болтовым соединением. На рис. 10.12 показано окончание заземляющего ответвления для болтового присоединения ( $d$  — диаметр заземляющего болта на аппарате). Контактные поверхности такого присоединения должны быть зачищены до металлического блеска и смазаны тонким слоем вазелина.

Металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников заземляют специальной жилой гибкого провода, которая не должна одновременно служить проводником рабочего тока. Использовать для этой цели нулевой рабочий провод непосредственно у приемника запрещается. Присоединение заземляющего проводника к заземляющему или нулевому контакту штепсельной розетки следует выполнять отдельным проводником. Вилка для включения переносного электроприемника должна иметь удлиненный заземляющий штырь, который вступает в соединение с заземляющим контактом розетки до того, как соединятся токопроводящие контакты.

Жилы проводов и кабелей для заземления переносных и передвижных установок должны иметь сечения, равные сечению фазных проводов, и находиться в общей с ними оболочке.

Заземлению не подлежат: корпуса электрооборудования, установленного на заземленных металлических конструкциях, если на опорных поверхностях предусмотрены зачищенные и неокрашенные места для обеспечения электрического контакта;

корпуса электроизмерительных приборов, реле и т. п., установленных на щитках, щитах, шкафах и на стенах камер распределительных устройств;

корпуса электроприемников, имеющих двойную изоляцию относительно токоведущих частей. У приборов с двойной изоляцией корпус выполнен из изолирующего материала, а токоведущие части, помимо этого, имеют собственную изоляцию. Таким образом, если произошло повреждение изоляции токоведущих частей приемника, то опасность поражения током не возникает, так как изоляционный корпус или изоляционные прокладки между корпусом и внутренними изолированными токоведущими частями надежно защищают человека от электрического удара;

рельсовые пути, выходящие за территорию электрических станций, подстанций и промышленных предприятий;

съёмные или открывающиеся части на металлических заземленных каркасах и в камерах распределительных устройств, ограждений, шкафов и т. п.

Запрещается заземление металлических корпусов стационарно установленного осветительного электрооборудования и переносных приемников (утюги, плитки, бытовые холодильники, пылесосы, стиральные и швейные машины и т. п.) в помещениях без повышенной опасности жилых и общественных зданий, в кухнях, ванных комнатах и туалетах квартир и номеров гостиниц.

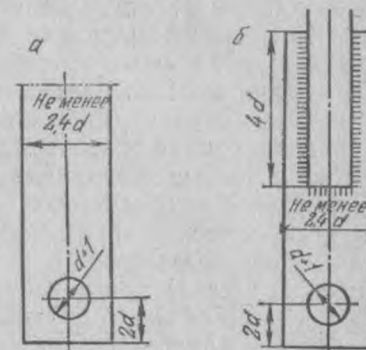


Рис. 10.12. Оконцевание заземляющего ответвления: а — плоского, б — круглого

## 10.7. Заземление силовых электроустановок

Электрические машины, установленные на металлических заземленных основаниях (станках, опорных рамах, плитах), дополнительно заземлять не требуется. Если машина установлена на вибрирующем основании или на салазках, ее необходимо заземлять гибкой перемычкой между неподвижным заземляющим (зануляющим) проводником и корпусом двигателя.

Стальные заземляющие проводники к корпусам аппаратов присоединяют болтовым соединением (при этом контактные поверхности зачищают до блеска и смазывают тонким слоем вазелина). В шкафах, ящиках, щитах должна быть общая заземляющая (зануляющая) шина, к которой присоединяют корпус шкафа или щита, а также медные проводники для заземления (зануления) проводов и кабелей с металлической оболочкой (АСРГ, АПРФ), перемычки от металлических труб электропроводки и т. п. В электроустановках с глухозаземленной нейтралью заземляющую шину щита (шкафа, ящика) присоединяют к нулевому проводу питающей линии, к нулевой жиле питающего кабеля или же к магистрали заземления. Аппараты в металлическом корпусе, установленные на заземленном каркасе шкафа, дополнительного заземления не требуют (при условии надежного металлического контакта).

Металлические дверцы щита, шкафа, щитка требуют специального соединения с корпусом гибкой перемычкой в том случае, если на них установлено электрооборудование, требующее заземления (зануления).

## 10.8. Заземление осветительных установок

Осветительные установки составляют значительную долю от общего числа потребителей электроэнергии. Их эксплуатацией часто занимаются люди, мало знакомые с основными правилами электробезопасности, поэтому к устройству и заземлению осветительных приборов и сетей предъявляются такие повышенные требования:

1. При заземлении частей осветительной установки в сетях с глухозаземленной нейтралью следует использовать нулевые рабочие или специально проложенные проводники, а в сетях с изолированной нейтралью — трубы электропроводок, алюминиевые оболочки кабелей, металлические конструкции, заземляющие жилы кабелей и специально проложенные провода.

2. В нулевом проводе, используемом для заземления, не следует устанавливать выключатели, предохранители и другие разъединяющие устройства; винтовую металлическую гильзу патрона присоединяют к нулевому проводу, а выключатель устанавливают на фазном проводе.

3. Во взрывоопасных помещениях от сверхтоков короткого замыкания должны защищаться как фазный, так и нулевой провод в двухпроводной цепи; для одновременного отключения этих про-

водов используют двухполюсные выключатели, для заземления обязательно прокладывают третий провод.

4. Металлические нетокопроводящие части газосветных установок на стороне высшего напряжения, а также средняя точка вторичной обмотки трансформатора, питающего газосветные трубки, должны быть заземлены.

5. Металлические корпуса осветительной арматуры должны быть снабжены специальными винтами диаметром не менее 4 мм для присоединения к заземляющей сети.

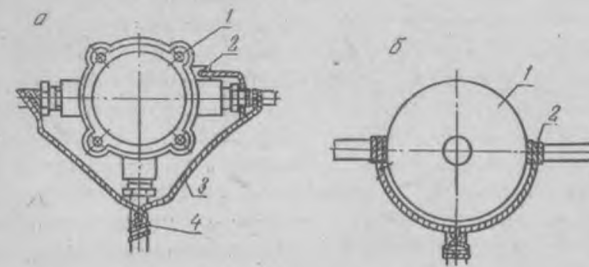


Рис. 10.13. Схема заземления оболочек проводов и кабелей:  
а — если коробка металлическая, б — если коробка пластмассовая

Рассмотрим, как выполняется заземление отдельных частей осветительной электроустановки.

В групповых осветительных щитках заземляется металлический корпус, для чего ответвление от заземляющей магистрали или от трубы электропроводки присоединяют под заземляющий или крепежный болт (для этой цели можно использовать также заземляющие гайки). Заземление металлических оболочек проводов групповой сети (проводов АПРФ и ПРП, кабеля СРГ и др.) производят у группового щитка.

Для создания непрерывной электрической цепи заземления металлических оболочек проводов (рис. 10.13, а) к точкам 4 свинцовой оболочки кабеля СРГ, входящего в металлическую коробку 1, припаивают медный провод 3 сечением 1,5...2,5 мм, конец этого провода присоединяют к заземляющему винту 2. На рис. 10.13, б приведен способ заземления оболочки провода АПРФ, входящего в пластмассовую коробку 1. Металлические оболочки всех трех проводов соединяют медным проводом в точках 2 и припаивают (припоем ПОС-30 для стальных и свинцовых оболочек и припоем А или кадмиевым — для алюминиевых). В тросовых проводках заземляют стальной трос или несущую стальную проволоку, присоединяя их к нулевому проводу (в сети с глухозаземленной нейтралью) или к сети заземления (в установках с изолированной нейтралью). Присоединение к тросу выполняют болтовым зажимом, а к проволоке — сваркой.

При установке осветительной арматуры общего освещения заземляют (если это предусмотрено ПУЭ) металлический корпус светильника. Для этого (рис. 10.14) в сети с заземленной нейтралью при открытой прокладке проводов групповой сети гибкий изолированный провод 2 присоединяют с одной стороны к нулевому проводу 1, а с другой — к заземляющему винту 3 арматуры. Соединение

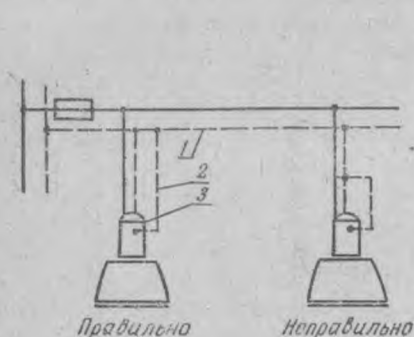


Рис. 10.14. Схема заземления осветительной арматуры

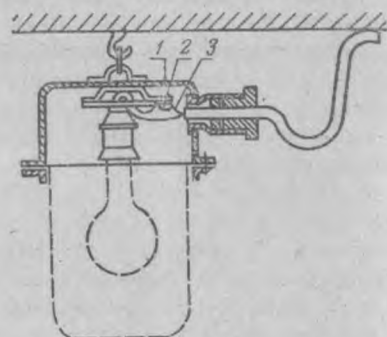


Рис. 10.15. Схема заземления светильника от нулевого рабочего провода сети

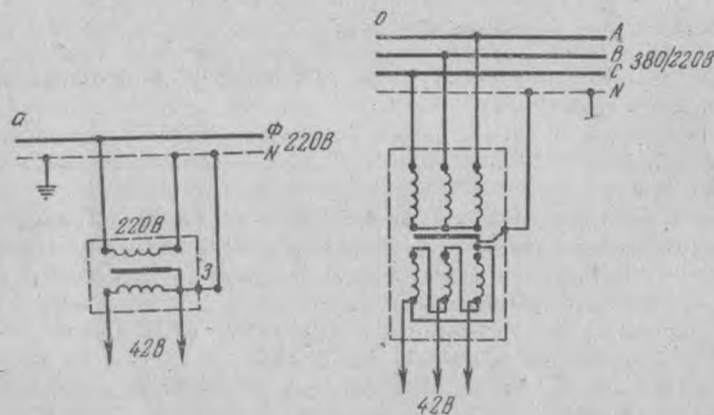


Рис. 10.16. Схема заземления понижающего трансформатора: а — однофазного, б — трехфазного

заземляющего проводника с нулевым проводом следует выполнять на ближайшей к светильнику опоре (клица, изолятор, коробка). Присоединять для заземления рабочий нулевой провод к заземляющему винту светильника не разрешается.

Если групповая осветительная сеть проложена в стальных трубах, не введенных в корпус светильника, то к стальной трубе приваривают флажок, затем между ним и заземляющим винтом арматуры устанавливают перемычку. Для питания герметических

светильников часто используют кабели марок ВРГ, НРГ, СРГ или провода в стальных трубах, введенных в корпус светильника (рис. 10.15). В этих случаях металлический корпус светильника 1 заземляют непосредственно в светильнике: рабочий нулевой провод 3 присоединяют под заземляющий винт 2.

В производственных помещениях с повышенной опасностью и особо опасных для местного освещения применяется, как правило, напряжение не выше 42 В, для получения которого используют понижающие трансформаторы. В них заземляют корпус, один из выводов, среднюю точку или нейтраль вторичной обмотки. В сетях с заземленной нейтралью трансформатор заземляют, присоединяя отдельный провод или жилу кабеля к заземляющему болту 3 корпуса и самостоятельно — к нулевому проводу N сети (рис. 10.16).

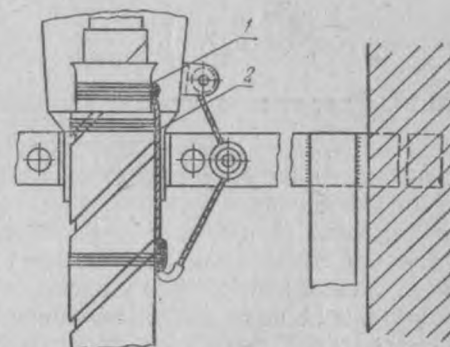


Рис. 10.17. Заземление концевой заделки силового кабеля

### 10.9. Заземление в кабельных сетях

Металлические оболочки и броня кабелей, оболочки проводов, изоляционных трубок, гибкие металлорукава должны быть заземлены (занулены) и иметь надежное соединение с металлическими соединительными ответвительными и концевыми муфтами и коробками.

При заземлении кабеля (рис. 10.17) заземляющую перемычку 2 присоединяют к металлической оболочке кабеля при помощи бандажа 1 из четырех витков оцинкованной проволоки диаметром 1...1,5 мм с последующей припайкой припоем ПОС-40. Перед припайкой перемычки свинцовую оболочку облуживают припоем ПОС-40, а алюминиевую — припоем А. При соединении с броней заземляющую перемычку припаивают к обеим лентам (при ленточной броне) или по окружности ко всем проволокам (при проволочной). Места присоединения должны быть предварительно облужены припоем ПОС-40. Лужение и пайка выполняются с применением паяльного жира. Сечение гибких соединительных перемычек для силовых кабелей (если нет особых указаний в проекте) должно быть не менее 6 мм<sup>2</sup> при сечении жил кабеля до 10 мм<sup>2</sup>, 10 мм<sup>2</sup> — при сечении жил 16...35 мм<sup>2</sup>, 16 мм<sup>2</sup> — при сечении жил 50...120 мм<sup>2</sup> и 25 мм<sup>2</sup> — при сечении жил 150 мм<sup>2</sup> и выше. Металлические оболочки контрольных кабелей заземляют медными проводниками сечением 4 мм<sup>2</sup>.

Место соединения заземляющей перемычки с алюминиевой оболочкой кабеля покрывают асфальтовым или глифталевым лаком,

масляной краской, а в сырых помещениях, туннелях и каналах — разогретым битумом.

В месте перехода кабельной линии в воздушную мачтовые кабельные муфты соединяют с заземляющим устройством опоры воздушной линии. Если у опоры, где монтируется мачтовая концевая заделка, контура заземления нет, корпус заделки допускается заземлять на металлическую оболочку кабеля (при условии, что кабельная муфта на другом конце кабеля присоединена к заземляющему устройству).

### 10.10. Напряжение шага и напряжение прикосновения

Напряжение шага и напряжение прикосновения возникают, если в заземленной сети происходит однофазное замыкание на землю. Пусть через вертикальный заземлитель  $Z$  (рис. 10.18), расположенный в точке  $O$ , в землю течет ток однофазного замыкания. По мере удаления от заземлителя плотность тока и вызываемое им падение напряжения непрерывно уменьшаются, поэтому, если точка  $O$  имеет наибольший потенциал (он равен падению напряжения на самом заземлителе), потенциал точек грунта, расположенных далее 20 м

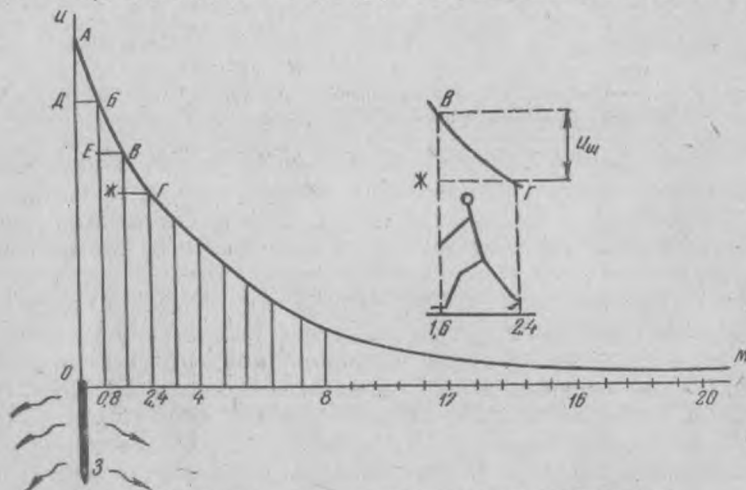


Рис. 10.18. Схема возникновения шагового напряжения

от заземлителя, практически равен нулю. Изменение потенциала грунта в зависимости от расстояния до точки  $O$  характеризуется кривой  $AM$ . Разделив расстояние  $OM$  на отрезки длиной 0,8 м (средняя длина шага человека), по кривой легко узнать, под какое напряжение попадет человек, находящийся на определенном расстоянии от заземлителя (см. выноску на рис. 10.18). Например, если ноги идущего человека находятся на расстояниях 1,6 и 2,4 м от заземлителя, то потенциалы грунта характеризуются точками  $B$  и  $G$  кривой  $AM$ , а отрезок  $B—G$  в определенном масштабе даст разность потенциалов, то есть напряжение.

Напряжение, под которым может оказаться человек, идущий в зоне растекания тока однофазного замыкания на землю, называют напряжением шага  $U_{ш}$ . При одинаковой длине шага это напряжение уменьшается по мере удаления от заземлителя ( $BЖ < BE < AD$ ) и на расстояниях более 20 м от заземлителя оно практически исчезнет.

Поражения людей из-за появления напряжения шага в случае однофазного замыкания на землю очень редки вследствие малой величины  $U_{ш}$ . Но если это напряжение возникает при падении на землю оборвавшегося провода воздушной линии, оно может достигать больших значений. В таких случаях для выхода из зоны действия напряжения шага следует использовать сухие доски, листы пластика и другие изоляционные предметы, а при их отсутствии — выходить из опасной зоны мелкими шагами.

Другую опасность, возникающую при работе защитного заземления в режиме однофазного замыкания на землю, представляет так называемое напряжение прикосновения. Если через заземлитель в землю течет ток  $I_z$ , то на сопротивлении заземляющего устройства  $r_z$  он создаст падение напряжения  $I_z r_z$ . Эта величина получила название напряжения прикосновения. Прикасаясь к корпусу аппарата с поврежденной изоляцией, человек может попасть либо под полное напряжение  $I_z r_z$ , либо под его часть. Наиболее опасны случаи, когда приемник с поврежденной изоляцией и человек, прикоснувшийся к нему, находятся на расстояниях более 20 м от заземлителя, а также если человек стоит непосредственно на земле в сырой или подбитой гвоздями обуви.

? 1. Дайте определение систем питания с глухозаземленной и изолированной нейтралью и укажите их основное отличие. 2. Опасно ли прикосновение человека к токопроводящим частям в системе питания с изолированной нейтралью? 3. Почему даже самое высококачественное заземление электрооборудования в системах с глухозаземленной нейтралью не обеспечивает полной безопасности человека? 4. Что такое защитное зануление? 5. Какая разница между нулевым рабочим и нулевым защитным проводниками? 6. Почему при монтаже защитного заземления все соединения желательно выполнять сваркой? 7. По какой причине внутреннюю заземляющую сеть соединяют с наружным контуром заземления не менее чем в двух местах? 8. Как влияет на напряжение шага увлажнение грунта?

## Глава 11. ЭЛЕМЕНТЫ УСТРОЙСТВА И МОНТАЖА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В И НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

### 11.1. Разновидности спор воздушных линий

В больших городах с плотной застройкой жилыми домами и на территориях крупных промышленных предприятий большое распространение получили кабельные линии высокого и низкого напряжений, однако в нашей стране вместе с тем ежегодно строятся ты-

сячи километров ВЛ напряжением до 1000 В. Их используют для передачи и распределения электроэнергии в сельской местности, в небольших городах и поселках, на территории мелких и средних предприятий, то есть в случаях, когда потребляемая мощность велика, а расстояния между отдельными потребителями велики.

Провода воздушных линий монтируются на опорах, которые по назначению делятся на промежуточные, анкерные, угловые, концевые

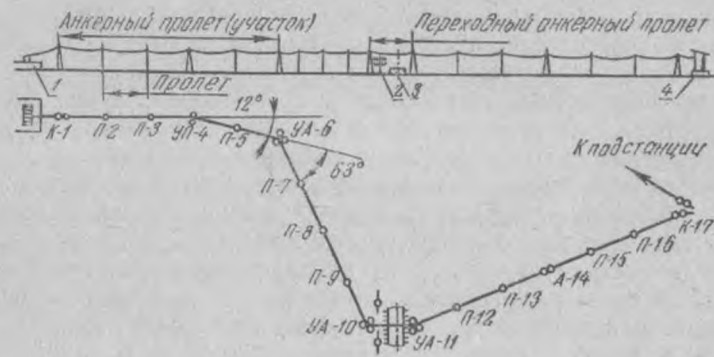


Рис. 11.1. План и профиль участка воздушной линии

ые, ответвительные и перекрестные. Рассмотрим схематическое изображение участка воздушной линии (рис. 11.1) между распределительным пунктом 1 и трансформаторной подстанцией 4. Линия пересекает шоссе 3 и линию связи 2.

**Промежуточные опоры П** воспринимают вертикальные нагрузки от массы проводов, изоляторов и арматуры и горизонтальные ветровые нагрузки, но не воспринимают нагрузку от тяжения проводов (тяжение — это усилие, с которым натянуты провода линии), поэтому имеют сравнительно легкую конструкцию. Промежуточные опоры устанавливают только на прямых участках линии. Их число составляет до 80% общего количества опор в линии. Расстояние между двумя соседними промежуточными опорами называется *промежуточным пролетом*.

**Анкерные опоры А** способны воспринимать усилия от разности тяжения проводов, направленные по оси воздушной линии. Опоры этого типа устанавливают на пересечениях воздушных линий с дорогами, линиями связи или небольшими естественными препятствиями (ручьи, водоемы, овраги и т. п.), а также на прямых участках трассы. Расстояние между двумя соседними анкерными опорами называют *анкерным пролетом*. Он состоит из нескольких промежуточных.

**Угловые опоры У** должны выдерживать усилие, направленное по биссектрисе угла, образованного проводами ВЛ. Если угол поворота линии невелик, в качестве угловой используют промежуточную опору УП. При больших углах поворота применяют угловые анкерные опоры УА.

**Концевые опоры К** устанавливают в начале или в конце линии. Они являются разновидностью анкерных опор, так как должны воспринимать усилие от одностороннего тяжения проводов.

## 11.2. Конструкция опор ВЛ

Для воздушных линий напряжением до 1000 В в основном применяют деревянные и железобетонные опоры.

**Деревянные опоры** изготавливают из сосны, лиственницы и ели. Верхнюю часть ствола дерева, предназначенного для опоры, называют отрубом, а нижнюю, более толстую — комлем. Диаметр отруба должен быть не менее 150 мм, диаметр комля обычно не ограничивают.

Древесина для изготовления опор должна удовлетворять определенным требованиям. Прочность древесины зависит от наличия трещин, больших сучков, кривизны, механических повреждений ствола, неправильного расположения слоев древесины и т. д. Главным пороком ее является поражение грибами.

Без принятия специальных мер защиты срок службы опоры составляет всего 3...5 лет, поэтому деревянные опоры из сосны или ели без противогнилостной защиты устанавливать запрещается. Лиственницу, срубленную зимой, можно использовать в качестве опоры и непританной.

Основной способ увеличения срока службы деревянных опор — это пропитка древесины масляными (главным образом креозотовое масло — чистое или в смеси с мазутом) или минеральными антисептиками. Пропитка готовых деревянных деталей опоры производится, как правило, на заводе, а при сборке опоры на трассе места, обработанные креозотом, дополнительно покрывают минеральными антисептиками (уралитом, фтористым натрием и др.). Применение антисептиков позволяет увеличить срок службы опоры с 3...5 до 20...25 лет. В последние годы разработаны и применяются синтетические антисептики, которые делают древесину устойчивой не только против гниения, но и против возгорания.

В деревянной свobodностоящей одностоечной промежуточной опоре (рис. 11.2, а) деревянная стойка 3 с помощью проволочных бандажей 2 закреплена на пасынке 1. В основном устанавливают опоры с железобетонными пасынками типа ПТО трапециевидального сечения длиной 3,25 или 4,25 м, значительно реже — деревянные пасынки длиной 4,5 м. Длина сопряжения стойки с железобетонным пасынком должна быть 1100 мм, а с деревянным — 1300 мм. Длина стойки для подвески пяти проводов должна быть не менее 7,5 м при пасынке 3,25 м и не менее 6,5 м при пасынке 4,25 м. В верхней части опоры в шахматном порядке завернуты крюки 4 с шагом 200 мм; такое же расстояние выдерживают между верхним крюком и скосом стойки. Вместо крюков на опоре может быть смонтирована траверса 5 (рис. 11.2, б) с раскосами 6 для изоляторов.

В деревянной анкерной опоре на пасынках (рис. 11.2, в) стойка опоры 4 закреплена на пасынке 2 проволочными бандажами 3. Для

восприятия усилий от одностороннего тяжения проводов опора снабжена деревянным подкосом 5, имеющим пасынок. Подкос со стойкой соединен врубкой и двумя болтами 6 или металлическими накладками. В верхней части опоры установлены крюки 7. Для прочности закрепления анкерных и особенно угловых опор в грунте к пасынкам стойки и подкоса крепят деревянные или железобетонные ригели 1.

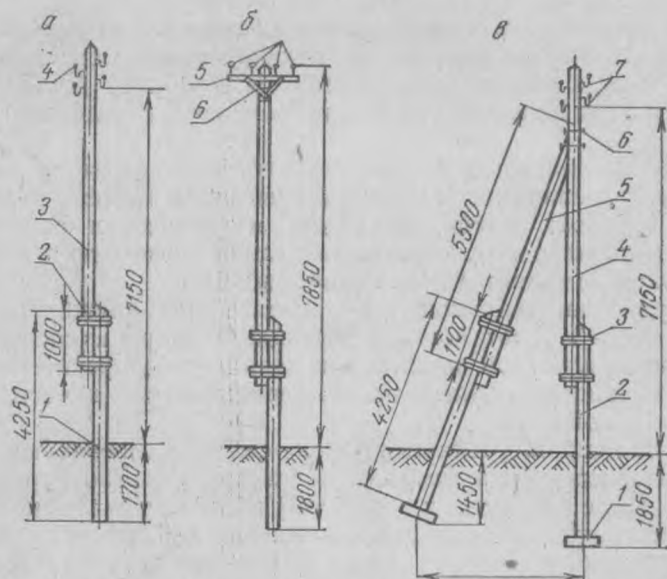


Рис. 11.2. Деревянные опоры ВЛ напряжением до 1000 В: а — одностоечная с крюками, б — одностоечная с траверсой, в — анкерная

Железобетонные опоры имеют высокую механическую прочность и большую долговечность. По сравнению с деревянными они требуют значительно меньших затрат труда при сборке, обслуживании и ремонте. Их высокая прочность объясняется тем, что стальная арматура надежно выдерживает растягивающие усилия, а бетон хорошо противостоит сжимающим нагрузкам. Важно также и то, что сталь и бетон имеют примерно одинаковые коэффициенты температурного расширения, поэтому колебания температуры не вызывают в железобетоне внутренних напряжений.

Главный недостаток железобетона — образование в нем трещин. Для борьбы с ним используют метод предварительного напряжения арматуры: перед заливкой бетона стальную арматуру натягивают с большим усилием и не снимают его до полного затвердевания бетона и схватывания его арматурой.

Для ВЛ напряжением до 1000 В используют унифицированные железобетонные свободностоящие опоры трех типов — одностоечные, одностоечные с подкосом и А-образные. Первые применяют

и качестве промежуточных, вторые и третьи — в качестве угловых, анкерных и концевых опор.

Коническая центрифугированная промежуточная опора со стойками длиной 10,1 м (рис. 11.3, а) состоит из железобетонной стойки 1 и двух траверс 2, изготовленных из деревянных пропитанных брусков сечением 100×80 мм. Если опору устанавливают в неплотном грунте или она несет большое количество проводов, в нижней части стойки укрепляют ригель. Угловая А-образная опора (рис. 11.3, б) имеет две одинаковые стойки, верхние части которых соединены двойными траверсами 1 и стальными пластинками 2. Траверсы закрепляют на стойках сквозными болтами 3. Если боковое усилие на угловую опору действует в направлении, указанном на рисунке стрелкой, то к левой стойке, работающей на растяжение, крепят анкерную плиту 4, увеличивающую сопротивление опоры выдергиванию, на правой стойке, испытывающей сжимающее усилие, устанавливают опорную плиту 5, которая уменьшает удельную нагрузку на грунт.

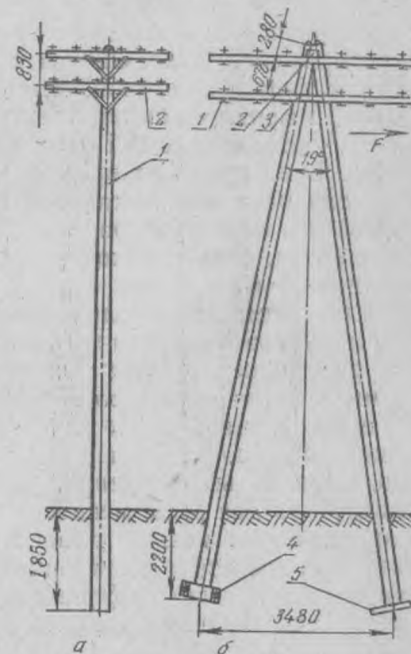


Рис. 11.3. Железобетонные опоры ВЛ напряжением до 1000 В: а — промежуточная, б — угловая

### 11.3. Линейные изоляторы, арматура и провода ВЛ

Линейные изоляторы изготавливают из высокопрочного электротехнического фарфора, основным сырьем для которого служит белая глина — каолин. Вместо фарфоровых изоляторов иногда применяют изоляторы из специального закаленного стекла. По сравнению с фарфоровыми у стеклянных изоляторов механическая прочность выше, а размеры и масса — меньше. Кроме того, стеклянные изоляторы не имеют глазури, на которой с течением времени появляются трещины, поэтому они отличаются большим сроком службы.

Для ВЛ напряжением до 1000 В используют уже описанные ранее (см. 3.19) марки изоляторов, а также штыревые изоляторы ШН и ШЛН. Изоляторы армируют на стальных крюках типа КН и штырях, конструкция и марка которых зависят от типа опоры и материала траверсы.

Главное требование, предъявляемое к проводам, — это малое электрическое сопротивление. Кроме того, в отличие от проводов, применяющихся при монтаже осветительных и силовых проводов,



провода ВЛ должны иметь механическую прочность, достаточную для того, чтобы противостоять усилению тяжения, гололедной и ветровой нагрузке и т. д. Материал проводов должен быть достаточно стоек по отношению к влаге и химическим веществам, дешев и не дефицитен.

Медные провода изготавливают из твердой электротехнической меди. Они имеют высокую проводимость, достаточную механическую прочность и хорошую стойкость против воздействия химических примесей, находящихся в воздухе. Наименьшее допустимое сечение однопроволочного и многопроволочного медного провода — 6 мм<sup>2</sup>. Рафинированная электротехническая медь дорога и дефицитна, поэтому для ВЛ всех классов медные провода используют редко. В основном их применяют на специальных линиях (например, для монтажа контактной сети электрифицированного транспорта) и в некоторых районах, где в атмосфере содержатся кислоты, щелочи, соли морской воды, быстро разрушающие другие проводниковые материалы.

Алюминиевые провода имеют сопротивление в 1,6 раза больше, чем медь, поэтому для передачи одинаковой мощности на одно и то же расстояние сечение алюминиевых проводов (наименьшее — 16 мм<sup>2</sup>) должно быть во столько же раз больше сечения медных. Но если сравнить массы алюминия и меди, затраченные на монтаж одинаковых по длине и пропускной способности линий, окажется, что, имея большее сечение, алюминиевые провода будут весить примерно в два раза меньше медных (плотность алюминия в три с лишним раза меньше плотности меди). Поэтому, а также из-за низкой стоимости и достаточной устойчивости к действию химически активных веществ (кроме щелочей, соляной кислоты и морских солей) алюминиевые провода почти повсеместно вытеснили медные.

В центре скрутки многопроволочного алюминиевого провода имеется одна центральная проволока, на которую укладывается первый повив — 6 проволок, намотанных в определенном направлении. Вторым повивом (12 проволок) наматывают на первый (направление намотки обратное направлению намотки первого повива). Провод может иметь разное число повивов, но каждый из них по сравнению с предыдущим имеет на шесть проволок больше и намотан в обратную сторону. Это делается для того, чтобы от усиления тяжения многопроволочная жила не раскручивалась.

Стальные провода при высокой механической прочности имеют большое электрическое сопротивление, поэтому их используют при передаче небольшой электрической мощности на малые расстояния (в небольших городах и поселках, в сельской местности и т. п.). К стальным проводам для ВЛ относятся: ПСО — провод стальной однопроволочный диаметром 3...5 мм; стальные многопроволочные провода, имеющие присадку 0,2% (ПС) или 0,4% (ПМС) меди. В отличие от проводов ПСО меднистые стальные провода различаются не по диаметру, а по сечению (например, ПС-50, ПСМ-70).

#### 11.4. Трасса воздушной линии и ее элементы

Согласно ПУЭ, местность, по которой проходит ВЛ, делится на три категории.

*Населенная местность* — территория городов, поселков, деревень, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, портов, пристаней, железнодорожных станций, парков, пляжей с учетом их развития на ближайшие 10 лет. *Ненаселенная местность* — незастроенная территория, частично посещаемая людьми и доступная для транспорта и сельскохозяйственных машин, а также огороды, сады и территории с отдельно стоящими зданиями и сооружениями. *Труднодоступная местность* — территория, не доступная для транспорта и сельскохозяйственных машин.

Характер требований, которым должна отвечать ВЛ, зависит не только от категорий местности, но и от климатических условий (скорости ветра, толщины стенки гололеда, наименьшей и наибольшей температуры воздуха). По ПУЭ вся территория СССР разделена на семь районов по скорости ветра и на пять районов по толщине стенки гололеда. Для ВЛ напряжением до 1000 В расчетная скорость ветра принимается не менее 16 м/с, а толщина стенки гололеда — не менее 0,5 мм.

Длина пролета воздушной линии (рис. 11.4) обычно принимается равной от 25...30 до 40...45 м в зависимости от района гололедности. Чем больше порядковый номер района, тем меньшая длина пролета. Важнейшей характеристикой ВЛ является габарит  $H$  — вертикальное расстояние от нижней точки провода в пролете до земли, воды, льда или пересекаемых инженерных сооружений. В случае, когда точки подвеса проводов  $A$  и  $B$  находятся на одинаковой высоте, габарит  $H$  отмечается в середине пролета. Стрелой провеса провода  $h$  называется вертикальное расстояние между нижней точкой провода в пролете и воображаемой прямой линией, соединяющей точки подвеса проводов на опорах. Максимальная стрела провеса при одинаковой высоте точек  $A$  и  $B$  находится в середине пролета.

Усилие, с которым натягивают провод, и стрела его провеса зависят от материала и сечения провода, длины пролета и района климатических условий. Чем меньше прочность провода, больше длина пролета и выше номер района гололедности, тем больше должна быть стрела провеса  $h$ . На величину провеса в большой степени влияет также температура воздуха во время монтажа, изменение которой вызывает удлинение или укорочение провода. Поэтому стрелу провеса в каждом конкретном случае следует устанавливать достаточно точно. Для этой цели пользуются специальными монтажными таблицами или монтажными кривыми.

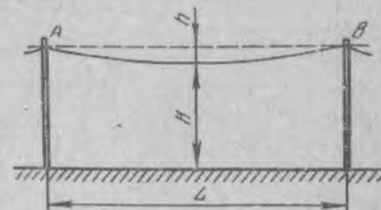


Рис. 11.4. Элементы пролета ВЛ

В качестве примера рассмотрим семейство монтажных кривых для алюминиевых проводов сечением от А-16 до А-70 (рис. 11.5). По горизонтали с интервалом  $5^{\circ}\text{C}$  отложены температуры воздуха от  $-40^{\circ}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , а по вертикали — стрелы провеса от 0,4 до 1,2 м. На графике изображены четыре кривые, которыми следует пользоваться: кривая 1 — для пролета длиной 30 м и IV района гололедности; 2 — для пролета длиной 35 м и II—III района гололедности; 3 — для пролета длиной 40 м и I—II района гололедности; 4 — для пролета длиной 45 м и I района гололедности.

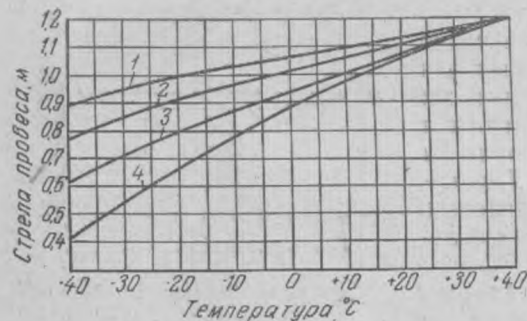


Рис. 11.5. Монтажные кривые для определения стрелы провеса

Например, требуется определить стрелу провеса при натяжке провода А-50 в пролете длиной 40 м. Известно, что ВЛ монтируется в I районе гололедности, работа производится летом при температуре  $+25^{\circ}\text{C}$ . Выбираем кривую 3 и по графику определяем, что для данных условий стрела провеса должна быть примерно равна 1,1 м. Если натяжка провода производится зимой при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ , по той же кривой легко определить, что стрела провеса должна быть значительно меньше — 0,8 м.

### 11.5. Требования к трассе воздушных линий

Для нормальной работы и безопасного обслуживания ВЛ их расстояния до различных объектов и сооружений должны соответствовать нормам, установленным ПУЭ.

Расстояние от проводов до земли или проезжей части улицы при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 6 м. В труднодоступной местности его разрешается уменьшить до 3,5 м, а в недоступной местности (скалы, утесы и т. п.) — до 1 м. Если отвлечение от ВЛ к вводу пересекает тротуар или пешеходную дорожку, расстояние от провода до земли также может быть уменьшено до 3,5 м (если это требование выполнить невозможно, устанавливают либо дополнительную опору, либо конструкцию на здании).

Судоходные реки и каналы, как правило, линиями III класса не пересекаются, но если линия пересекает небольшую реку, пруд или озеро, то габарит до наивысшего уровня воды должен быть не менее 2 м, а до поверхности льда — не менее 6 м, причем опора должна быть установлена от воды на расстоянии, равном или превышающем высоту опоры.

При пересечении железных дорог переходный пролет монтируют на анкерных опорах, сечение проводов в этом пролете берется не менее  $70\text{ мм}^2$  (алюминиевые) или  $35\text{ мм}^2$  (медные). Железные дороги необщего пользования (заводские, узкоколейки) с соблюдением тех же условий разрешается пересекать воздушными линиями на промежуточных опорах (установка опор с оттяжками не допускается). Между опорой ВЛ и строением или опорой контактной сети должно выдерживаться расстояние не менее высоты опоры плюс 3 м, а в стесненных условиях — не менее 3 м. Крепление проводов к опоре должно быть двойным.

Пересечение автомобильных дорог воздушными линиями производится с соблюдением следующих правил. Переход над автодорогой I категории осуществляется на анкерных опорах, над остальными дорогами разрешается использовать промежуточные опоры. В переходном пролете используют провода с минимальным сечением не менее  $35\text{ мм}^2$  (алюминиевые) или  $25\text{ мм}^2$  (сталеалюминиевые), а габарит до полотна дороги должен быть не менее 7 м. Опору переходного пролета располагают в точке, удаленной от бровки земляного полотна не менее чем на высоту опоры (в стесненных условиях не менее чем на 5 м).

Если трасса ВЛ проходит по населенному пункту, провода подвешивают не ближе 1,5 м от окон, террас и балконов и не ближе 1 м от глухих стен. Прохождение провода над зданиями (за исключением пристанционных служебных строений и домиков путевых обходчиков) вообще не разрешается. Опоры могут быть расположены не ближе 1 м от трубопроводов и кабелей, не ближе 2 м от колодцев подземной канализации и водоразборных колодцев, не ближе 10 м от бензоколонок. От подземных кабельных линий связи и сигнализации опору ВЛ следует устанавливать как можно дальше, но даже в стесненных условиях расстояние между опорой и кабелем не должно быть менее 0,5 м.

Очень важно правильное выполнение пересечений ВЛ. Пересечение двух линий напряжением до 1000 В чаще всего делают на перекрестных опорах (допускается пересечение в пролете при условии, что расстояние между ближайшими проводами при температуре воздуха  $+15^{\circ}\text{C}$  без ветра будет не менее 1 м).

При пересечении ВЛ разных классов провода линии напряжением выше 1000 В располагают над проводами линии напряжением ниже 1000 В, а расстояние между ближайшими пересекающимися проводами должно быть не менее 2 м для линии с высшим напряжением 6...10 кВ и не менее 3 м — для линии с высшим напряжением 35...110 кВ. Место пересечения определяют по возможности ближе к опоре верхней пересекающей линии, но при этом расстояние между опорой верхней линии и проводами нижней линии (с учетом наибольшего отклонения проводов) должно быть не менее 6 м.

При пересечении ВЛ с линией связи вертикальное расстояние между ближайшими проводами разных линий должно быть не менее 1,5 м (провода линии связи располагают ниже проводов ВЛ).

## 11.6. Земляные работы и транспортировка материалов на трассу

Опоры ВЛ напряжением до 1000 В, как правило, не требуют устройства фундаментов, их устанавливают непосредственно в грунт, поэтому после разметки оси трассы и центров опор роют котлованы под опоры. Перед рытьем проверяют, правильно ли был зарыт знак, обозначающий место установки опоры (на двух соседних пикетах устанавливают деревянные вешки и на глаз определяют, находятся ли эти вешки и знак на проверяемом пикете на одной линии).

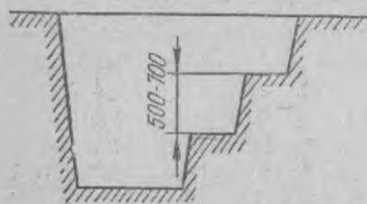


Рис. 11.6. Форма котлована, отрытого вручную

Для рытья котлованов под опоры, устанавливаемые непосредственно в грунт, применяют специальные землеройные машины на автомобильном или гусеничном ходу. Использование буровых машин исключает тяжелый и малопродуктивный труд вручную и гарантирует надежное закрепление опоры в грунте. Пробуренные котлованы представляют собой скважины, размер которых соответствует диаметру опоры, причем стенки скважины уплотнены инструментом бурильной установки. Для рытья котлованов прямоугольной формы под опоры ВЛ используют экскаваторы Э-153 и Э-302Б на пневмоколесном ходу.

Вручную котлованы роют лопатами в местах, где имеются многочисленные и разветвленные подземные коммуникации (кабельные линии, трубопроводы, туннели, коллекторы и т. д.). Вручную копают также котлованы для установки одной или двух-трех опор, когда парк механизмов находится далеко и перегонять бурильные установки для выполнения малого объема работы нецелесообразно. При ручной разработке грунта для одноствоечных опор копают котлован шириной (поперек трассы) 0,6...0,7 м и длиной (вдоль трассы) 1,8...1,9 м. Вдоль линии котлован роют ступенями высотой 0,5...0,7 м каждая (рис. 11. 6). Грунт отбрасывают от бровки котлована не менее чем на 0,5 м. Глубина котлована зависит от высоты опоры, суммарного сечения проводов, подвешенных на ней, характера грунта, а также способа выполнения земляных работ.

Деревянные опоры вывозят на трассу на автомашинах-лесовозах или на обычных бортовых машинах с прицепами-ропусками. Железобетонные стойки также можно перевозить на автомашине с прицепом, но значительно удобнее использовать для этой цели специальную платформу с гидроподъемником. Железобетонные опоры очень чувствительны к ударам, поэтому их погрузку, перевозку и выгрузку следует производить с большой осторожностью. В частности, запрещается сбрасывать опоры с платформы при разгрузке и тащить их волоком по земле при перемещении.

Изоляторы и арматуру перевозят по трассе на автомашине в прочных деревянных ящиках или контейнерах, а барабаны с про-

водами или тросами грузят и перевозят с применением механизмов, аналогичных тем, которые используются при кабельных работах.

## 11.7. Сборка опор

Деревянные опоры, как правило, собирают из заранее заготовленных и антисептированных заводским способом деталей, представляющих собой стандартные элементы (стойки, траверсы с готовыми врубками, затесами и т. д.).

Сборку начинают с обработки верхушки стойки на конус или клин. Наклонно затесывают и верхнюю часть деревянного пасынка. Далее приступают к соединению стойки 1 (рис. 11.7, а) с пасынком 3. Для плотного сопряжения конец стойки и часть пасынка на длине 1300 мм затесывают так, чтобы ширина затеса составляла не менее 125 мм. Затем размечают места расположения проволочных бандажей 2 или припасовочных хомутов. Если стяжку осуществляют стяжными бандажными болтами, для них вырубают небольшие выемки.

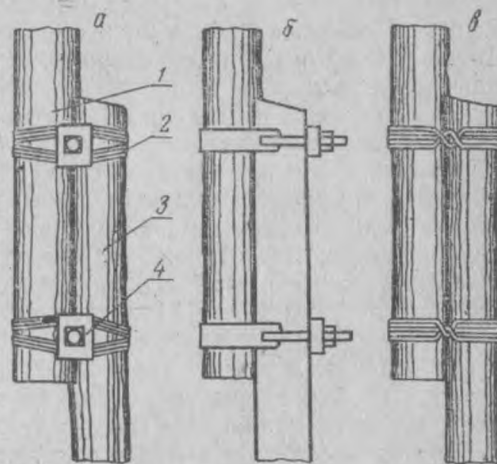


Рис. 11.7. Соединение стойки с пасынком: а — проволочными бандажными со стяжными болтами, б — припасовочными хомутами, в — проволочными бандажными

Все места, подвергнутые механической обработке, покрывают нагретым до 80...90 °С антисептиком. В процессе припасовки стойку укладывают на подкладки затесанной плоскостью вверх, на стойку накладывают пасынок так, чтобы вырубки для стяжных болтов совпали. Затем обе соединяемые детали временно скрепляют скобами или струбцинами.

Бандаж делают из стальной оцинкованной проволоки диаметром 4 мм или из неоцинкованной проволоки диаметром 5...6 мм, покрытой асфальтовым лаком. Число ниток в бандаже зависит от диаметра проволоки (при  $\varnothing$  4 мм — 12 ниток, при  $\varnothing$  5 мм — 10, при  $\varnothing$  6 мм — 8). Один конец заготовленной бандажной проволоки на участке длиной 20...25 мм загибают под прямым углом и забивают в стойку, затем проволоку плотно наматывают вокруг стойки и пасынка, выравнивая и подбивая друг к другу витки бандажа. После того как нужное число витков намотано, проволоку обрубуют или перекусывают клещами-кусачками, а свободный конец просовывают под уложенные витки и временно загибают. Разделив число ниток на две равные части, между ними просовывают

лом и производят стягивание бандажа, причем по мере натяжения проволоки нитки рихтуются и уплотняются ударами молотка. По окончании стяжки свободный конец проволоки также забивают в опору. Последняя операция по соединению стойки с пасынком — это установка стяжных болтов. Через середины бандажа с обеих сторон стойки и сквозь отверстие, образованное ранее сделанными вырубками, продевают стяжной болт с надетой на него бандажной шайбой 4 (см. рис. 11.7, а). С противоположной стороны на болт надевают вторую шайбу и затягивают гайку с таким расчетом, чтобы между каждой бандажной шайбой и цилиндрическими поверхностями стойки и пасынка оставался зазор до 20 мм, необходимый для подтяжки бандажа в процессе осмотров и ремонтов ВЛ. Точно так же выполняют второй бандаж, а затем снимают скобы или струбцины.

В такой же последовательности припасовывают *деревянные опоры к железобетонным пасынкам* (кроме затесывания пасынка и вырубки в нем под стяжной болт). Надежное и прочное соединение дает припасовка опоры с железобетонным пасынком специальными припасовочными хомутами (рис. 11.7, б). Для опор напряжением до 1000 В можно применять затяжку ломом проволочных бандажей скруткой с обеих сторон без применения стяжных бандажных болтов (рис. 11.7, в).

В случае значительных нагрузок на опору, а также на участках с недостаточно плотным грунтом (болотистая местность, пльуны и т. д.) стойку опоры крепят на двух пасынках. Последовательность работ по припасовке такая же, как при сборке опоры с одним пасынком, но следует иметь в виду, что проволочными бандажами или припасовочными хомутами разрешается стягивать не более двух деталей. Поэтому (рис. 11.8) вначале опору 1 с пасынком 2 соединяют обычным способом, затем опору переворачивают на подкладках второй стесанной стороной вверх и привязывают второй пасынок.

*А-образные опоры* (рис. 11.9) собирают в следующем порядке. Сначала к обеим стойкам припасовывают пасынки, затем стойки укладывают неразделанными вершинами одну на другую, а концы стоек разводят на проектное расстояние, развернув пасынки на внешнюю сторону угла, образованного стойками. Когда стойки 3 займут нужное положение, на их вершинах отмечают линию АВ, затем стойки разъединяют и делают затесы по отмеченной линии. Затесанные вершины стоек прикладывают одну к другой, временно скрепляют строительными скобами и на стойках делают разметку под стяжные болты 4, размечают гнездо для деревянной или металлической шпонки 5, а также размечают отверстия для болтов, крепящих подтраверсники 1, на которых крепят траверсу 2. По разметке сверлят отверстия, вырубляют пазы, скосы на верхушках (глубина вырубki не должна отличаться от проектной более чем на 4 мм, а зарубы, затесы и отколы древесины допускаются на глубину не более 0,1 диаметра бревна). Подготовленные к сборке части А-образной опоры маркируют и транспортируют на трассу.

Так как этот тип опоры имеет большие габариты, то ее сборку производят непосредственно у котлована на трассе. При сборке под стяжные болты подкладывают накладки оголовника 6.

Сборка *железобетонных одноствоечных опор* заключается в установке траверсы и ригелей и укладке заземляющего спуска (если это предусмотрено проектом). Стойку опоры выкладывают на подкладках, траверсы выверяют по перпендикуляру к оси стойки и к пло-

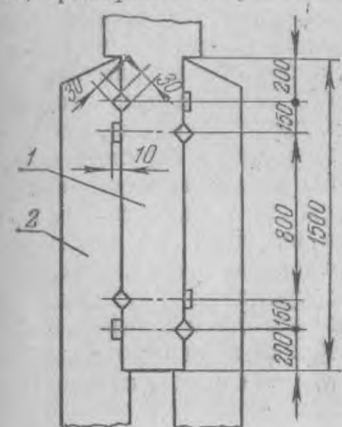


Рис. 11.8. Соединение стойки с двумя пасынками

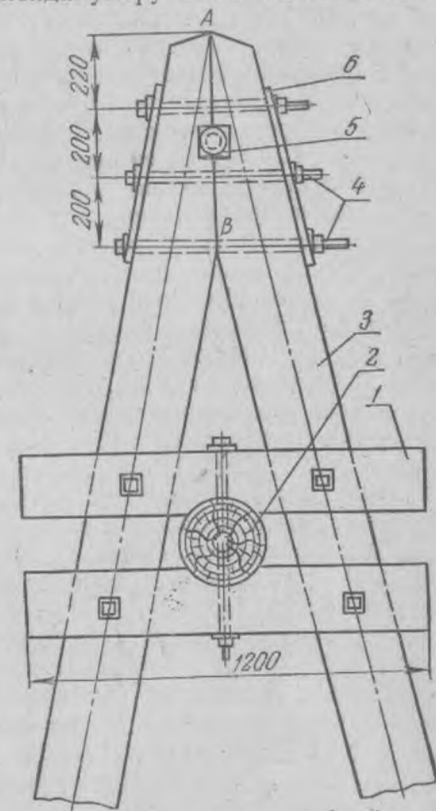


Рис. 11.9. Вершина анкерной опоры

скости крепления проводов, затем траверсы закрепляют болтами. Как правило, на место сборки траверсы поступают в собранном виде со штырями и подкосами, поэтому остается лишь выполнить армировку изоляторов (см. 4.1). Перед этим в обязательном порядке производят отбраковку изоляторов — проверяют отсутствие сколов, трещин, плохой нарезки, низкого качества глазури и т. д. Изоляторы с обнаруженными дефектами к монтажу не допускают, поэтому на трассу всегда вывозят на 2...3% изоляторов больше, чем это необходимо. Изоляторы, прошедшие отбраковку, протирают мягкой ветошью, смоченной в воде или бензине, а прилипшие к ним твердые частицы (цемент, грязь и т. д.) удаляют деревянными скребками, затем устанавливают строго по оси крюка или штыря.

## 11.8. Установка опор

Установка собранной опоры в котловане — это операция, связанная с подъемом и перемещением крупногабаритного груза со значительной массой, поэтому на монтаже воздушных линий широко применяют канаты, тросы, приспособления для строповки, шарниры, полиспасты и т. д.

Одностоечную деревянную или железобетонную опоры с помощью подъемного крана или бурокрановой установки устанавливают в следующем порядке. Собранную опору подтаскивают к котловану и укладывают так, чтобы ее центр тяжести примерно совпадал с центром котлована. Такелажный строп крепят на опоре на расстоянии 1...1,5 м от ее центра тяжести ближе к вершине (такое положение стропа нужно для того, чтобы после подъема комель опоры был направлен вниз под действием силы тяжести). К нижней части опоры (или пасынка, если он имеется) на расстоянии около 3 м от конца привязывают веревочную оттяжку длиной 10...15 м. Автомобильный кран или бурокрановую установку закрепляют на выносных опорах на расстоянии 0,5 м от края котлована, затем опускают крюк крановой лебедки и на него надевают петлю такелажного стропа. После подъема низ опоры направляют в котлован, а во время спуска стойку разворачивают так, чтобы крюки или траверсы на опоре были направлены строго перпендикулярно оси трассы. После полного погружения вертикальное положение опоры выверяют по отвесу и между стенками котлована и телом опоры или пасынка забивают деревянные клинья для временного закрепления. Далее котлован засыпают наполовину, снимают такелажный строп, отводят подъемную установку и окончательно засыпают котлован.

В редких случаях при отсутствии механизмов одну или несколько опор допускается устанавливать вручную. Опору укладывают так, чтобы ее основание находилось над центром котлована, а в котлован опускают доску. После этого приподнимают вершину опоры и под нее устанавливают козлы. По мере подъема опоры козлы перемещают ближе к котловану и, когда угол между поверхностью земли и опорой превышает 45...50°, поднимают опору с помощью установочных шестов. Шесты должны фиксировать опору до ее окончательной выверки и удерживать в нужном положении до полной засыпки котлована.

Заключительные операции при установке опоры — это выверка и закрепление. После выверки ось опоры должна занимать вертикальное положение, а линии крюков или траверсы располагаться под углом 90° к оси трассы (траверсы или линии крюков угловых опор ориентируют по биссектрисе угла поворота). Для линии III класса допускаются следующие отклонения:

отклонение опоры от вертикальной линии — 1:100 для деревянных опор и 1:500 для железобетонных (проверяют отвесом, спущенным по стойке опоры);

выход опоры из створа линии — 100 мм при длине пролета до

200 м (проверяют визированием на соседние опоры по их вершинам);

отклонение траверсы по горизонтали относительно длины траверсы — 1:50 для деревянных и 1:100 для железобетонных опор (проверяют геодезическим инструментом или визированием на соседние опоры);

отклонение траверсы от оси, перпендикулярной к линии трассы — 5° (проверяют двумя отвесами, опущенными с концов траверсы).

Неправильное расположение крюков по отношению к оси трассы не допускается.

После выверки опору окончательно закрепляют путем засыпки котлована (грунтом, песком, щебеночными смесями и т. д.) и утрамбовки грунта через каждые 300...400 мм.

## 11.9. Раскатка проводов

Барабан устанавливают на трассе ВЛ с таким расчетом, чтобы намотанный на него провод был использован полностью без дополнительного перемещения барабана. Расположение барабана должно соответствовать условиям раскатки, конструкции раскаточных механизмов и т. п. Раскатку проводов ВЛ можно выполнять двумя способами — волочением и раскаткой с движущегося барабана.

Способ волочения применяют при отсутствии раскаточных транспортных средств (автомашин, кабельных транспортеров и т. д.) и в случаях, когда эти средства не могут быть использованы по условиям местности. Во время волочения по земле возможны повреждения провода, поэтому способ волочения лучше всего использовать при монтаже коротких линий и на участках, где имеется мягкий грунт, травяной или снежный покров. Как правило, раскатку волочением совмещают с подъемом проводов на промежуточные опоры. Барабаны с проводом устанавливают за 10...15 м до опоры, с которой начинают раскатку. Если отсутствуют кабельные домкраты или специальные раскаточные станки, в земле роют котлован, в который можно свободно опустить барабан до половины. С помощью вала, уложенного на края котлована, барабан подвешивают, чтобы он мог свободно вращаться. После этого с него отматывают 25...30 м провода, который поднимают на опору и надевают на раскаточный ролик, подвешенный к крюку.

На конец провода, свисающего с опоры, надевают клиновой монтажный зажим (рис. 11.10). Он состоит из обоймы 1, сквозь верхнюю часть которой проходит провод 3, а в нижней части свободно перемещается стальной клин 2, имеющий в плоскости, обращенной к проводу, небольшую насечку. В обойме есть отверстие 4 для присоединения тягового троса. Для закрепления зажима на проводе достаточно продеть провод в верхнюю часть обоймы, вручную подвинуть клин в сторону его меньшего угла (до прикосновения насечки с проводом), а затем сильно потянуть в ту же сторону провод. Чем больше тяговое усилие, приложенное к зажиму, тем

сильнее клин прижимает провод к верхней части обоймы, исключая проскальзывание. После окончания натяжки зажим легко снимается с провода (для этого достаточно нанести несильный удар молотком по обойме со стороны, противоположной направлению натяжки).

Когда зажим закреплен на проводе, к нему крепят тяговый трос и с помощью лебедки (при небольших пролетах и малых сечениях проводов — вручную) производится раскатка провода с бара-

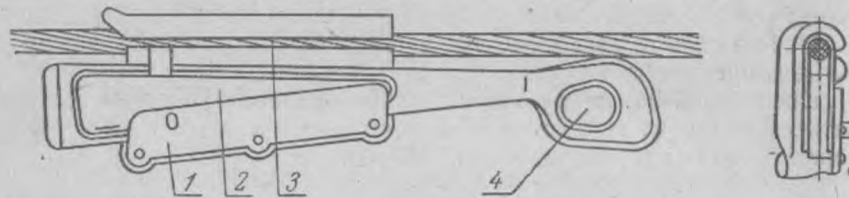


Рис. 11.10. Монтажный клиповой зажим

бана. После того как конец провода достиг следующей опоры, на нее также подвешивается ролик и раскатка продолжается. В это время барабан слегка притормаживают, чтобы провод с него не сбегал. Применение раскаточных роликов увеличивает сохранность проводов при волочении.

При раскатке с движущегося барабана конец провода закрепляют в начале монтируемого участка, а барабан устанавливают на транспортное средство. С началом движения последнего по трассе провод плавно сходит с барабана, не волочась по грунту, и его повреждения практически исключены. После раскатки провод поднимают на опоры и надевают на раскаточные ролики.

Для повышения производительности труда часто раскатывают несколько проводов одновременно. Этот способ применяется как при раскатке волочением, так и с движущегося барабана.

#### 11.10. Соединение и ремонт проводов воздушных линий

Работу по соединению и ремонту проводов ВЛ обычно производят сразу же после раскатки или даже во время раскатки провода перед подъемом его на опоры.

Соединение проводов ВЛ может выполняться скручиванием, обжатием или опрессованием в овальных соединителях, термитной сваркой и другими способами.

Концы алюминиевых проводов очищают от грязи и заводской смазки тряпкой, смоченной в бензине, и покрывают техническим вазелином. На расстоянии 20...25 мм от конца на провод накладывают проволочный бандаж и производят торцовку провода (ножовкой или тросорубом МИ-148А срезают конец провода строго перпендикулярно его поверхности). После этого на провод на расстоянии, немного превышающем длину соединителя, накладывают второй бандаж. Первый бандаж снимают, расплетают повивы про-

волока и зачищают каждую из них до блеска стальной щеткой под слоем вазелина. Затем чистой сухой ветошью удаляют металлические опилки и вазелин, проволоки вновь скручивают в повивы и возле торца провода восстанавливают первый бандаж. Подготовка к соединению стальных и медных проводов сводится к очистке тряпкой, смоченной в бензине, и к смазке вазелином.

Для соединения проводов ВЛ используют специальные соединители. Овальный соединитель марки СОАС (соединитель овальный для сталеалюминиевых проводов) представляет собой цельно-

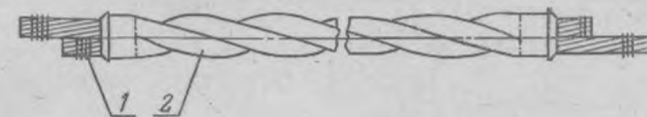


Рис. 11.11. Соединение проводов овальным соединителем

тянутую металлическую гильзу, размер которой зависит от сечения соединяемых проводов. Медные провода соединяют в медных соединителях, алюминиевые и сталеалюминиевые — в алюминиевых, а стальные многопроволочные — в стальных или медных соединителях. При подготовке к соединению овальный соединитель очищают от грязи, промывают в бензине, насухо вытирают чистой ветошью и смазывают вазелином. Если на соединителе (или на проводе) имеются следы коррозии, их удаляют стальной щеткой, а зачищенные места покрывают вазелином.

Соединение алюминиевых и сталеалюминиевых проводов сечением до 95 мм<sup>2</sup> путем скручивания овального соединителя (рис. 11.11) проводят следующим образом. Подготовленные концы проводов 1 вводят в соединитель 2 так, как показано на рисунке, затем его закладывают в приспособление МИ-189А или МИ-190А и

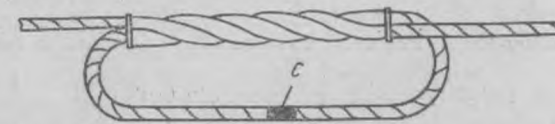


Рис. 11.12. Соединение проводов соединителем и термитной сваркой

закрепляют одним концом в неподвижном зажиме, а другим — в поворотной головке приспособления. С помощью рычага головку с зажатым концом соединителя поворачивают на 4...4,5 оборота, после чего готовое соединение освобождают из зажимов и вынимают из приспособления.

Стальные провода соединяют овальными соединителями типа СОС по той же технологии, что и алюминиевые, в соединителях СОАС, но в данном случае соединитель скручивают всего на 2...2,5 оборота. Кроме того, после монтажа соединения стальной

корпус соединителя покрывают слоем антикоррозионной краски или смазки ЗЭС.

В последние годы широко применяют *комбинированный метод соединения проводов* (рис. 11.12): соединение с помощью овальных соединителей дополняют термитной сваркой. Для выполнения та-

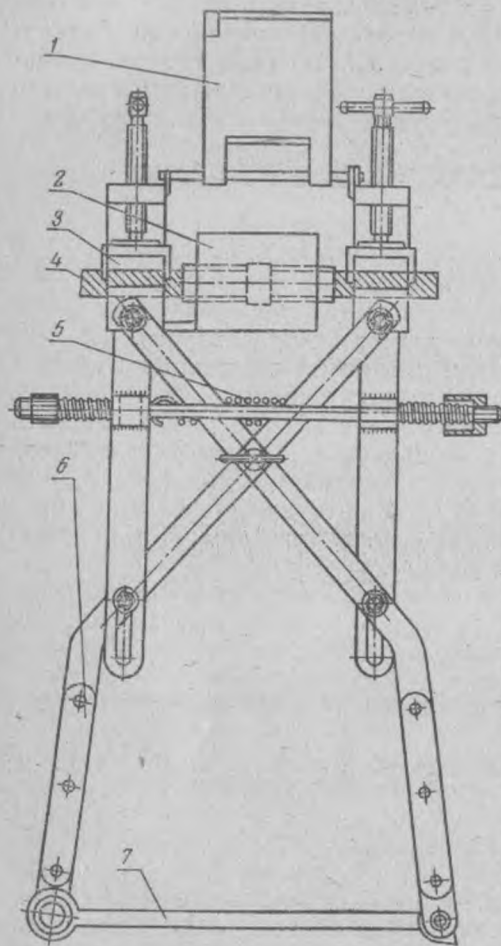


Рис. 11.13. Клещи для термитной сварки проводов

как пружина 5 сближает рукоятки клещей. После окончания сварки, когда расплавленный металл застыл, провода высвобождают из зажимных устройств, разгибают, снимают кокиль и зачищают место сварки. Пестля, образованная сваренными концами, не дает возможности протягивать провод по раскаточным роликам, поэтому термитную сварку производят с монтажных вышек уже после того, как провод поднят на опоры, натянут и закреплен.

Значительно удобнее выполнять термитную сварку другим способом (рис. 11.14). Провода 1 соединяют между собой с помощью двух овальных соединителей 2 и дополнительного отрезка провода 3. На оба соединяемых конца свободно надевают овальные соединители и производят термитную сварку проводов в точке 4. После этого в оба соединителя вставляют дополнительный провод и осуществляют соединение методом обжатия или скручивания. Термитная сварка обеспечивает надежный электрический контакт, а механическое усилие тяжения передается через соединители и дополнительный отрезок провода. Такое соединение можно выполнять



Рис. 11.14. Использование двух соединителей и термитной сварки

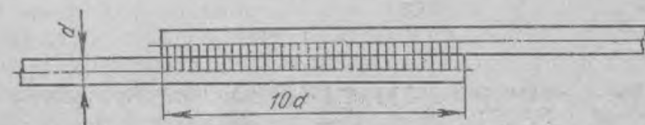


Рис. 11.15. Соединение стальных проводов сваркой



Рис. 11.16. Бандажное соединение стальных однопроволочных проводов

на земле, так как оно свободно проходит сквозь раскаточные ролики.

Стальные однопроволочные провода можно сварить *обычной электросваркой внахлестку с обеих сторон* (рис. 11.15) с последующим покрытием места соединения атмосферостойчивой краской. Вместо сварки разрешается использовать бандаж из оцинкованной проволоки диаметром 1,5 мм (рис. 11.16). Для выполнения такого соединения концы проводов загибают под прямым углом на участке длиной не менее двух диаметров провода. На один из проводов плотно, виток к витку, наматывают бандаж из проволоки на участке длиной 15 мм, затем прикладывают второй провод, делают общий бандаж до загнутого конца и накладывают еще один 15-миллиметровый бандаж на втором проводе. Длина общего бандажа, захватывающего оба провода, зависит от их диаметра: при диаметре 4 мм — не менее 40 мм, при 5 мм — не менее 50 мм и при диаметре 6 мм — не менее 80 мм. После наложения бандажа пропаивают соединение для создания надежного контакта (для пайки не разрешается применять материалы, вредно действующие на провода).

Соединение проводов из разных металлов или разных сечений разрешается делать только на опоре, так как оно не должно испытывать механических усилий. Не допускается соединение проводов в местах перехода ВЛ над дорогами, путепроводами и т. д.

Во время раскатки проводов их осматривают для обнаружения возможных повреждений. Поврежденными считаются проволоки, имеющие вмятины глубиной более половины своего диаметра или оборванные совсем. Если число поврежденных или оборванных проволок не превышает 10% (для алюминиевых) или 20% (для сталеалюминиевых проводов), в месте повреждения провод ремонтируют.

При простом обрыве проволоки ее выправляют, укладывают в повив провода и накладывают на поврежденный участок проволочный бандаж длиной до 25 диаметров провода, предотвращающий дальнейшее раскручивание оборванной проволоки. Если 2...3 проволоки оборваны в нескольких местах, их вырезают на одинаковой длине, на поврежденном участке влетают недостающие проволоки и закрепляют их концы проволочными бандажами. Для ремонта проводов применяют ремонтную муфту — обычный овальный соединитель, взятый на один размер ниже сечения ремонтируемого провода (например, для ремонта проводов сечением 50 мм<sup>2</sup> требуется соединитель, предназначенный для соединения проводов сечением 35 мм<sup>2</sup>). Соединитель разрезают вдоль, разводят его края так, чтобы корпус его можно было надеть на провод. После этого соединитель надвигают на место повреждения с таким расчетом, чтобы оно находилось примерно посередине муфты. Один край муфты заводят на другой, на провод возле концов муфты накладывают проволочные бандажи, препятствующие ее смещению, плотно огибают муфту вокруг провода легкими ударами молотка и обжимают ее обычным способом пресс-клещами или ручным прессом. Расстояние между двумя проволочными бандажами или ремонтными муфтами должно быть не менее 15 м.

#### 11.11. Натягивание проводов

До натягивания проводов необходимо проверить исправность раскаточных роликов, а также посмотреть, не перекрещиваются ли провода в пролете. Провода натягивают между двумя анкерными опорами, то есть в пределах одного анкерного пролета. После раскатки и подъема на промежуточные опоры провод надежно закрепляют на первой анкерной опоре, затем вытягивают его по всему анкерному пролету через раскаточный ролик, закрепленный на второй анкерной опоре.

После того как провод вытянут приблизительно до требуемой стрелы провеса, на нем вблизи второй анкерной опоры отмечают место установки монтажного клинового зажима, опускают провод на землю, устанавливают зажим, к зажиму крепят трос тягового устройства. Затем провод вновь поднимают на опору, накидывают

на раскаточный ролик и приступают к натягиванию анкерного пролета.

Как известно, основной величиной, характеризующей тяжесть провода, является его стрела провеса. Натягивание провода должно быть выполнено так, чтобы реальная стрела провеса соответствовала данным, определенным по монтажным кривым или по таблице, приведенной в проекте.

Стрелу провеса методом визирования в любом пролете известной длины (рис. 11.17) определяют следующим образом. В соответствии с условиями по монтажным кривым или таблицам устанавливают величину стрелы провеса и на расстоянии  $h$  от точек подвеса провода  $A$  и  $B$  на опорах  $1$  и  $6$  устанавливают специальные визирные рейки  $2$  и  $5$ . Нижняя точка провода в пролете должна совпасть с визирной прямой  $3$ . После установки визирных реек вытягивают провод  $4$  тяговым устройством. Для удобства визирования провод сначала немного перетягивают, поднимая его на 0,3...0,5 м выше визирной линии. В таком положении провод выдерживают несколько минут для вытяжения под действием собственной массы, а затем по команде монтера, находящегося на одной из опор и производящего визирование, провод плавно опускают до линии  $3$ . Как только нижняя точка провода в пролете совпадет с визирной линией, монтер, визирующий стрелу провеса, подает сигнал остановки тягового устройства. Полученная стрела провеса и будет соответствовать величине, требуемой по условиям монтажа.

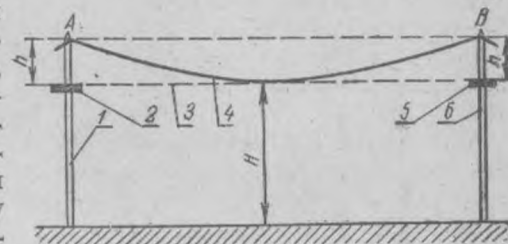


Рис. 11.17. Определение стрелы провеса методом визирования

После того как достигнута требуемая стрела провеса, тяговый трос от монтажного зажима к тяговому устройству закрепляют. Монтер, находящийся на анкерной опоре, крепит провод к изолятору. Так же натягивают и остальные провода линии.

Если на опорах подвешивают провода разных марок, то провода, у которых по нормам стрела провеса меньше, следует располагать выше проводов с большей стрелой провеса. По этой же причине стальные провода всегда крепят на опоре выше алюминиевых или сталеалюминиевых.

#### 11.12. Крепление проводов

Если нагрузка проводов на изолятор не превышает его механической прочности (коэффициент запаса 2,5...3), на промежуточных опорах применяют одинарное крепление проводов на шейке изолятора (рис. 11.18, а). При повышенных нагрузках, а также в населенной местности используют промежуточное двойное крепление



проводов (рис. 11.18, б). Для этого над основным изолятором 3, к которому привязан провод 1, устанавливают дополнительный изолятор 5 и с помощью пласечных зажимов 2 и дополнительного отрезка провода 4 закрепляют провод вторично.

Если угол поворота ВЛ не превышает  $60^\circ$ , проводами огибают изоляторы с внешней стороны угла поворота (рис. 11.18, в), если

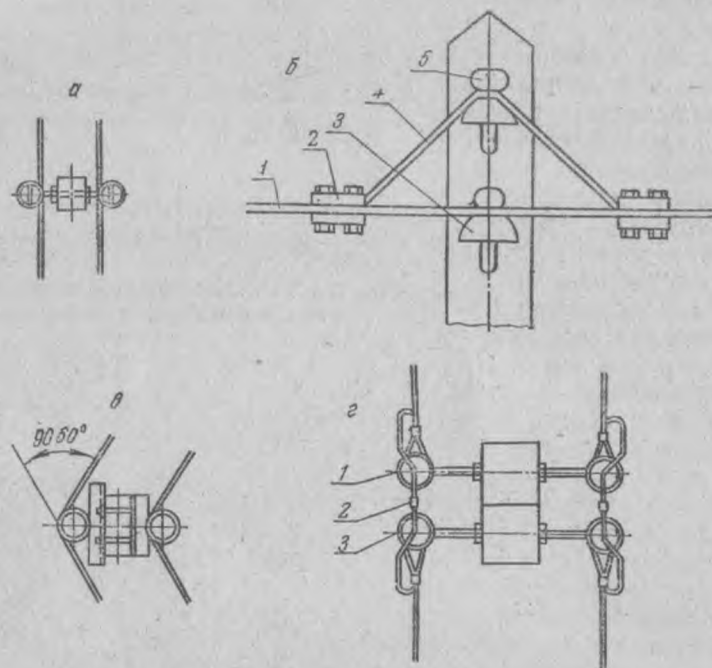


Рис. 11.18. Крепление проводов на изоляторах:  
а — одинарное на шейке, б — промежуточное двойное, в — на угловой опоре, г — анкерное одинарное

угол поворота превышает  $60^\circ$ , то на опоре устанавливают дополнительные изоляторы. Очень часто на угловых опорах выполняют двойное крепление проводов.

Провода на изоляторах анкерных опор крепят *наглухо петлей* с помощью болтовых пласечных зажимов (рис. 11.18, г). Так, при анкерном одинарном креплении проводов электрический контакт между проводами разных анкерных пролетов отсутствует, для создания непрерывной электрической цепи монтируют перемычку (анкерную петлю). Точно так же выполняется одинарное крепление проводов на концевой опоре (но без анкерной петли). При выполнении ответвлений на опорах устанавливают многшейковые изоляторы РФО, на одну из шеек провод крепят промежуточным одинарным креплением, а на другую — анкерным. Электрическая связь между линией и ответвлением осуществляется через допол-

нительную перемычку, присоединяемую к проводам с помощью зажимов.

*Анкерное крепление провода с помощью пласечных зажимов* выполняется просто и с малой затратой времени. Конец провода, выходящего из монтажного зажима, на котором продолжает держаться натянутый анкерный пролет, изгибают петлей, обе стороны которой закладывают в канавки зажима. Затем петлю надевают на шейку изолятора, зажим устанавливают на расстоянии 80...120 мм от изолятора и в таком положении затягивают болты зажима. После этого можно ослабить тяговый трос и снять с провода монтажный зажим, так как анкерный пролет с обеих сторон уже закреплен на изоляторах. Если свободный конец провода имеет значительную длину и идет в следующий анкерный пролет, с изолятора 1 оставляют достаточно свободную анкерную петлю 2, затем на изоляторе 3 производят следующее анкерное крепление. Если свободный конец провода короткий, с данной анкерной опоры начинают раскатку следующего барабана с проводом и после анкерного крепления нового провода на изоляторе 3 соединяют концы проводов двух соседних пролетов в анкерную петлю термитной сваркой.

В ряде случаев на анкерной опоре выполняют переход с одной марки провода на другую. Для этой цели применяют петлевые переходные зажимы ПП, с помощью которых концы проводов разных марок соединяют в анкерную петлю.

После того как провод закреплен на анкерных опорах, *привязывают провода на изоляторах всех промежуточных опор*. Эта операция может производиться с гидроподъемников, телескопических вышек и т. д. (при монтаже ВЛ напряжением до 1000 В чаще всего непосредственно с опоры). Для вязки алюминиевых или сталеалюминиевых проводов используют алюминиевую проволоку диаметром 3,5 мм, а для крепления стальных проводов — мягкую стальную оцинкованную проволоку диаметром 2...2,7 мм. Длина отрезка проволоки для вязки должна быть не менее 300 мм.

Чаще всего при креплении проводов на промежуточных опорах используют метод боковой вязки на шейке изолятора, значительно реже — вязку на головку изолятора.

Расположение фазных проводов на опоре может быть любым, а нулевой провод, как правило, должен быть ниже фазных. Над нулевым проводом размещают провода линии наружного освещения.

Таблица 11.1

Район гололедности	Расстояние, см		
	вертикальное расположение	горизонтальное расположение	
		пролет до 30 м	пролет свыше 30 м
I—II	40	20	30
III—IV	60	40	40

При монтаже ВЛ расстояния между проводами должны соответствовать данным, приведенным в табл. 11.1, расстояние от провода до поверхности опоры траверсы или другого элемента опоры должно быть не менее 50 мм.

После окончания монтажа опор и проводов на опорах ВЛ устанавливают постоянные знаки, содержащие порядковый номер опоры, год ее установки (на всех опорах) и номер линии или ее условное обозначение (на всех опорах ВЛ на участках ее параллельного следования с другими ВЛ). Кроме того, на опоры крепят предостерегающие плакаты (на все опоры в населенной местности и через одну в ненаселенной).

### 11.13. Заземление воздушных линий

Штыревые изоляторы, устанавливаемые на опорах, при нормальных условиях работы обеспечивают надежную изоляцию проводов от элементов опоры. Однако довольно часто напряжение на линии в сотни и даже тысячи раз может превышать номинальное напряжение, на которое рассчитана изоляция ВЛ. Может произойти пробой изоляторов и выход линии из строя. Напряжения, создающие опасность для изоляции ВЛ, называются перенапряжениями.

Чтобы ограничить величину перенапряжения и обеспечить безопасность людей, следует уменьшить сопротивление растеканию тока в земле. Для этой цели устанавливают защитное заземление ВЛ.

Крюки и штыри железобетонных опор в сетях с заземленной нейтралью, а также арматуру этих опор заземляют путем присоединения к заземленному нулевому проводу проводниками диаметром не менее 6 мм. Крюки и штыри на деревянных опорах не заземляют, за исключением случаев, когда линия проходит по населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой и не экранирована высокими трубами, деревьями и т. п. Такая линия должна иметь защиту от атмосферных перенапряжений в виде заземляющих устройств сопротивлением не более 30 Ом, установленных на расстоянии 100...200 м друг от друга в зависимости от среднегодового числа гроз в данной местности. Обязательно заземляют опоры с ответвлениями к вводам в здания с большим количеством людей или большой хозяйственной ценности и конечные опоры, имеющие ответвления к вводам (на этих же опорах рекомендуется установка вентильных разрядников).

К монтажу заземления приступают с рытья траншеи глубиной 0,5 м (для пахотной земли — до 1 м), начиная от опоры. Длина траншеи и количество заземлителей указаны в проекте на сооружение ВЛ, а все работы по погружению заземлителей, обварку их полосой или прутом, защиту сварных стыков от коррозии выполняют обычным способом.

После монтажа контура заземления на опоре выполняют заземляющий спуск. Материалом для него служит стальная полоса или

пруток тех же размеров, какие применялись для соединения между собой заземлителей. Снизу спуск соединяют с контуром заземления, сверху — с металлическими нетокопроводящими частями опоры. На деревянной одностоечной опоре (рис. 11.19, а) смонтирован контур заземления, состоящий из заземлителей 1, соединяющей их полосы или прута 2 и спуска 3. На опоре спуск через каждые 300 мм закреплен скобами. Верхняя часть спуска 4 выступает над вершиной опоры на 100 мм и служит молниевым отводом. Для заземления металлической арматуры опоры (рис. 11.19, б) к спуску 1 присоединены болтовыми зажимами или сваркой перемычки 2, передающие нулевой потенциал земли на крюки 4 и нулевой провод 3.

Согласно ПУЭ, в электроустановках с глухозаземленной нейтралью нулевые провода прежде всего должны быть заземлены в начале ВЛ у источника питания (электростанции или трансформаторной подстанции). При этом монтировать контур заземления у первой опоры нет надобности, так как нулевой провод ВЛ наглухо присоединен к нулевой точке источника, которая надежно заземлена и сопротивление заземления которой заведомо меньше, чем требуется для заземления ВЛ. Кроме того, через каждый километр линии у опор устанавливается повторное заземление. Сопротивление каждого из повторных заземлителей должно быть не более 10 Ом в установках мощностью свыше 100 кВА и не более 30 Ом в установках мощностью до 100 кВА.

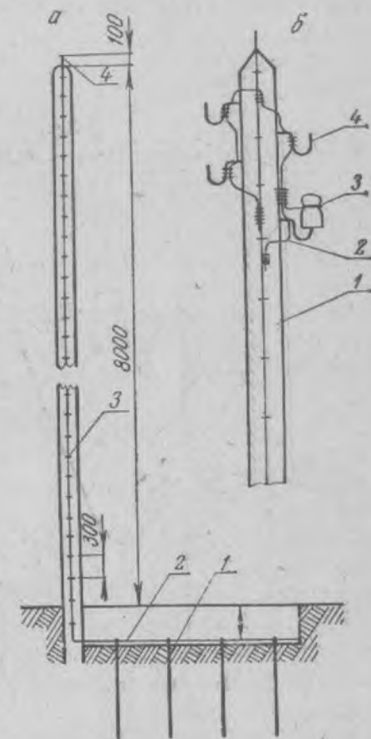


Рис. 11.19. Заземляющее устройство на деревянной опоре:  
а — общий вид, б — заземление крюков

### 11.14. Воздушные вводы

Воздушным вводом называют участок воздушной линии, предназначенный для подачи электроэнергии от ВЛ к потребителям внутри здания. Ввод можно выполнять неизолированными и изолированными медными, алюминиевыми и стальными проводами. Расположение линии ввода относительно элементов здания может быть любым, расстояние от проводов ввода до выступающих и близко расположенных деталей здания должно быть не менее 200 мм, а угол между проводами и стеной здания — не менее 45°. При любой конструкции ввода габарит его проводов должен быть

не менее 2,75 м (в порядке исключения для изолированных проводов — 2,5 м).

Длина воздушного ввода, то есть расстояние от оси трассы ВЛ до места входа проводов в здание, не должна превышать 25 м. Сечение медного провода ввода должно быть не менее 4 мм<sup>2</sup>, алюминиевого — не менее 10 мм<sup>2</sup>. Если расстояние от ВЛ до здания превышает 25 м, нужна дополнительная промежуточная опора. В этом случае воздушный ввод рассматривается уже как участок ВЛ, поэтому

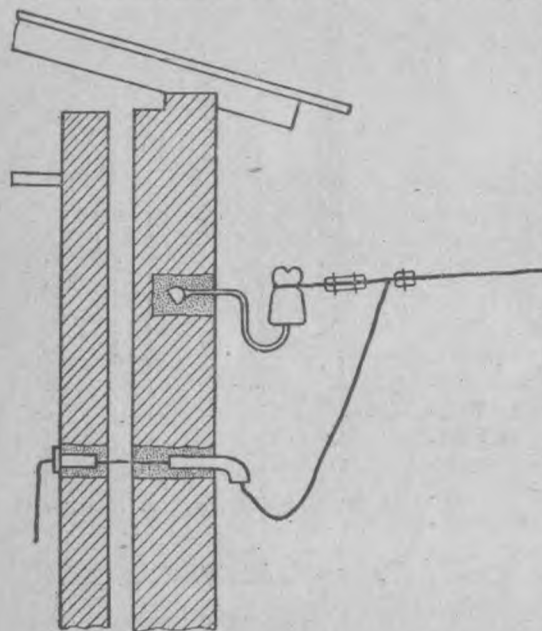


Рис. 11.20. Воздушный ввод в здание

минимальное сечение медных проводов составляет 6 мм<sup>2</sup>, алюминиевых — 16 мм<sup>2</sup>. Промежуточные опоры устанавливаются также, если натягивание ввода по прямой линии невозможно (например, если угол при вводе проводов в ближайшую стену менее 45° или по каким-либо причинам ввод должен быть выполнен на стороне здания, расположенной перпендикулярно оси ВЛ).

Монтаж воздушного ввода (рис. 11.20) через стену (деревянную или каменную) здания ведется в следующем порядке. В стене с соблюдением монтажных расстояний закрепляют крюки с изоляторами (расстояние

между крюками — 200...300 мм). На 100...150 мм ниже крюков в стене пробивают проходы для проводов, в которые закладывают отрезки изоляционной трубки. Края отверстий оформляют втулкой изнутри и воронкой снаружи. Отверстие для провода может быть общим, но провода при этом должны быть проложены в отдельных трубках. В каменные стены можно вмазывать вертикальные или горизонтальные металлоконструкции с закрепленными на них штырями или крюками для армировки изоляторов.

Если здание имеет малую высоту и требуемый нормами габарит выдержать невозможно, ввод монтируют через крышу (рис. 11.21), используя трубчатую стойку. На водогазовой толсто-стенной трубе 2 укрепляют подпятник 1 для крепления трубы к крыше и металлическую траверсу 4 с установленными на ней изоляторами. Верхний конец стойки, предназначенный для ввода проводов, изгибают под углом 180° с радиусом изгиба, необходимым для данного диаметра трубы. В изогнутый конец трубы вставляют

изоляционную втулку 5. Стойку надежно закрепляют на крыше подпятником и оттяжкой 3 из стальной катанки (диаметром не менее 4...5 мм). При монтаже стойки требуется, чтобы направление оттяжки совпадало с линией тяжения проводов ввода. Расстояние от изоляторов до крыши должно быть не менее 2,5 м.

### 11.15. Техника безопасности при монтаже воздушных линий

#### А. Общие требования

К верхолазным работам по монтажу воздушных линий допускаются лица не моложе 18 и не старше 60 лет, прошедшие медицинский осмотр, имеющие стаж верхолазных работ не менее 1 года и тарифный разряд не ниже III.

Учащиеся профессионально-технических училищ в возрасте не моложе 17 лет допускаются к работе на высоте только для прохождения производственной практики (при условии постоянного наблюдения за ними мастера производственного обучения учебного заведения).

Бригады, выезжающие на работы на ВЛ, должны иметь набор необходимых медицинских средств для оказания первой помощи.

При приближении грозы или при ветре силой более 6 баллов (скорость ветра 12 м/с легко распознается по легкому посвисту в проводах) бригада обязана прекратить работы.

При работе на опоре работающий должен прикрепиться к ней предохранительным поясом.

#### Б. Земляные работы

Производство земляных работ допускается только после того, как будет получено на это письменное разрешение от соответствующих организаций с точным указанием на плане местоположения кабелей, газопроводов и т. д.

Рыть котлованы следует, как правило, механизмами. В слабых и сыпучих грунтах стенки котлованов необходимо укреплять распорками.

Вырытые котлованы должны иметь ограждения или находиться под постоянным контролем.

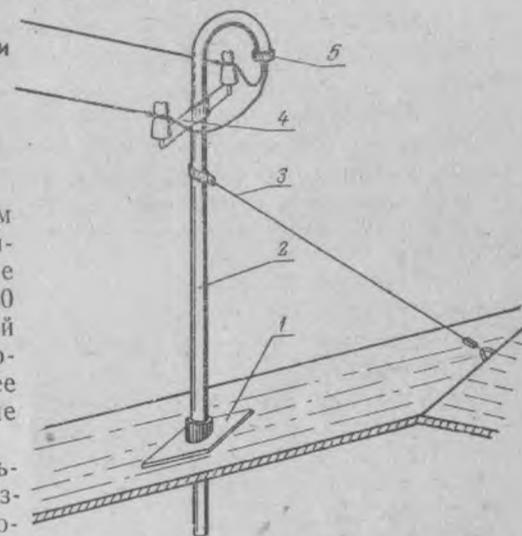


Рис. 11.21. Воздушный ввод через крышу

При обнаружении непредусмотренных подземных коммуникаций дальнейшую работу следует временно прекратить.

Разработку грунтов взрывным способом выполняет только специализированная организация. Находиться на склоне горы ниже места взрыва и в опасной зоне запрещается.

### В. Установка опор

При сооружении ВЛ в населенных пунктах должна быть обеспечена охрана сооружаемого участка. Посторонние лица на площадку, где производятся работы, не допускаются.

Перед началом работ, требующих применения тяговых и подъемных механизмов или коллективных усилий рабочих, бригадир должен проверить знание членами бригады, а также машинистами и водителями машин системы сигналов, с помощью которых ведется работа.

Подъем опор производится подъемными или тяговыми механизмами и приспособлениями. Во избежание отклонения и падения опоры в сторону делается регулировка ее положения оттяжками.

При обнаружении каких-либо неполадок подъем следует прекратить и принять меры к опусканию опоры на землю.

Во время подъема опоры рабочий отводит ее от бурильной машины, не допуская раскачивания.

После закрепления троса на опоре рабочий должен отойти от нее. Браться за комель опоры для направления его в котлован разрешается только после того, как опора будет полностью оторвана от земли и тем самым проверена надежность ее крепления к тросу. Рабочий при этом находится со стороны, обратной наклону опоры.

**З а п р е щ а е т с я :**

комбинированный способ подъема опоры рабочими (вручную и с помощью механизмов одновременно);

установка опор неисправными механизмами, крепление их поврежденными тросами и приспособлениями, а также устранение мелких неполадок в механизме во время подъема опоры;

оставлять на весу поднимаемые конструкции или опоры. В исключительных случаях при необходимости оставить груз на весу следует принять следующие меры безопасности: при работе ручной лебедкой с нее должны быть сняты рукоятки, заклинены шестерни, затянута и закреплена тормоз; у места подъема следует выставить охрану;

при подъеме опоры проходить или стоять под поднимаемым грузом, натягиваемым проводом или тросом;

находиться в котловане во время опускания в него опоры;

прекращать работы по засыпке котлованов с установленной опорой до полного окончания засыпки, не прерывая их на обед и тем более на ночь;

производить бурение котлованов и установку опор при незаторможенной машине;

держат трос и крепить его к опоре без рукавиц; влезать на установленную опору до полного ее закрепления в грунте.

### Г. Работа на опорах и монтаж проводов

Подъем на деревянную опору или спуск с нее разрешается только с помощью монтерских когтей или других специальных приспособлений.

На опоре следует работать стоя на двух когтях.

При монтаже проводов запрещается: подниматься на анкерную опору, а также находиться на ней со стороны тяжения проводов; работать на угловых опорах и влезать на них со стороны внутреннего угла; находиться под проводами во время их монтажа.

Сбрасывать с опоры инструмент или другие предметы можно только при отсутствии у опоры и вблизи нее людей.

**З а п р е щ а е т с я :**

подавать какие-либо предметы работающему на опоре подбором. Их подают при помощи прочной веревки, к которой привязывают их непосредственно, или в таре (ведра, ящике и т. д.). Длина веревки должна быть равна двойной высоте подъема;

подъем на вновь установленную опору без предварительной проверки прочности ее закрепления;

оставлять инструменты на высоте, а также находиться непосредственно у опоры, на которой производятся работы;

пользоваться неисправными когтями, а также когтями, у которых просрочена дата очередного испытания. Монтерские когти испытывают один раз в шесть месяцев нагрузкой 1,77 кН (180 кг) — для новых когтей и 1,32 кН (135 кг) — для когтей, находящихся в эксплуатации. Для испытания каждый коготь устанавливают в рабочее положение и к ремням крепления прикладывают указанную нагрузку на 5 мин. Когти считаются выдержавшими испытание, если после него не обнаружено никаких дефектов ни в самих когтях, ни в ремнях крепления;

откатывать или выправлять опору, на которой находится рабочий.

Раскатывать провода и тросы следует в брезентовых рукавицах, при ручной раскатке необходимо применять брезентовые наплечники.

Скорость автомашины при раскатке провода не должна превышать 10 км/ч.

При подъеме проводов на опоры монтируемый анкерный пролет следует заземлять с обоих концов.

Последние 10...12 витков провода или троса нужно сматывать с барабана вручную.

При переходе через препятствия приступать к монтажу следующего провода можно только после натяжки и закрепления предыдущего.

Подходить к проводу, зацепившемуся при натяжке, для его освобождения с внутренней стороны угла запрещается.

Раскатывать провода под ВЛ напряжением выше 1000 В следует с помощью сухой веревки, привязываемой к концу разматываемого провода.

При раскатке провода или троса через овраги, канавы и другие препятствия шириной более 60 м предварительно необходимо перебросить через них вспомогательный трос, с помощью которого затем перетягивать провод.

#### Д. Работа с антисептиками и антисептированной древесиной

В качестве антисептиков наиболее часто применяют следующие химические вещества:

фтористый натрий — белый порошок, не имеющий запаха, вызывает поражение слизистых оболочек и кожи, при длительном воздействии разрушает зубы и поражает кости;

уралит — порошок белого цвета, содержащий фтористый натрий и динитрофенол. Отравление динитрофенолом вызывает головную боль, высокую температуру, упадок сил;

кузбасс-лак — продукт перегонки нефти, сообщает коже повышенную чувствительность к солнечным лучам, отчего в солнечную погоду кожа воспаляется, возникает ощущение ожога. Поражает также слизистую оболочку глаз;

креозот — продукт перегонки древесного дегтя, вызывает ожоги и отравления, поражает слизистые оболочки;

зеленое масло и нефтяной битум — продукты перегонки нефти, на организм действуют так же, как и кузбасс-лак, но в меньшей степени.

Из приведенного перечня ясно, что работа с антисептиками и антисептированной древесиной требует особой осторожности и строгого соблюдения правил безопасности.

Лица, занятые на работах с пропитанной древесиной или на работах по приготовлению паст и антисептированию опор, снабжаются спецодеждой: костюмом из плотной ткани (плотный брезент, плащ-палатка и т. п.); шляпой с полями или шлемом, прикрывающим шею сзади; рукавицами; кожаными ботинками или сапогами на кожаной или кожмитовой подошве; защитными очками или щитком (при работе с кузбасс-лаком или креозотом).

Части костюма, соприкасающиеся с пропитанными или обмазантыми антисептиками деталями, следует обрабатывать специальной казеиновой пропиткой.

После работы спецодежду необходимо очистить сухой тряпкой, а затем тампоном, слегка смоченным в уайт-спирите, после этого ее развешивают для просушки. Очистка, сушка и хранение спецодежды производятся в специально отведенном проветриваемом помещении, в котором хранить чистую одежду запрещается.

При работе костюм должен быть застегнут на все пуговицы, брюки у ботинок следует подвязывать, чтобы ноги не оголялись, на руках должны быть рукавицы.

Работы с лесом, пропитанным заводским способом или обмазанным антисептическими пастами, лучше производить утром или вечером, а также в пасмурные дни, но не во время дождя.

Перед работой открытые или слабозащищенные части тела необходимо смазать предохранительной пастой ИЭР-1 или специальной защитной жидкостью. Лицо смазывают лишь при работе в предохранительных очках. Нельзя пользоваться вазелином или мази на его основе.

После работы, а также перед принятием пищи следует обтереть лицо и руки чистой сухой тряпкой, после чего необходимо тщательно вымыть руки и лицо теплой водой с мылом.

Антисептик, инструмент и посуду, употреблявшиеся при работах, хранят в запираемом помещении. Остатки антисептика, загрязненную им почву и траву по окончании работ засыпают землей.

- ?
1. Какие факторы влияют на величину стрелы провеса провода?
  2. Чем отличаются анкерные опоры от промежуточных?
  3. Какое количество проводов можно крепить на опоре ВЛ напряжением до 1000 В?
  4. Составьте схему включения фонарей уличного освещения, смонтированных на ВЛ напряжением до 1000 В.
  5. Какие провода называют сталеалюминиевыми и как они устроены?
  6. Как выполняют анкерное крепление проводов?
  7. Какие плакаты укрепляют на опорах ВЛ?
  8. С какой целью и каким способом выполняют заземление на опоре ВЛ?

## Глава 12. ЭЛЕМЕНТЫ УСТРОЙСТВА И МОНТАЖА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6...10 кВ

### 12.1. Общие сведения

Распределительные устройства могут быть открытого или закрытого типов. Открытые распределительные устройства (ОРУ) сооружают главным образом для электроустановок напряжением 35 кВ и выше. Все оборудование этих устройств размещено на открытом воздухе и подвергается атмосферным воздействиям, поэтому к конструкции аппаратов ОРУ предъявляют особые требования, обеспечивающие их надежную работу при дожде, гололеде и других неблагоприятных условиях. Закрытые распределительные устройства (ЗРУ), как правило, рассчитаны на напряжение до 10 кВ (вблизи химических предприятий и в приморских районах — на более высокие напряжения).

Большое распространение получили комплектные распределительные устройства (КРУ), которые изготавливаются на заводах в виде шкафов и панелей, укомплектованных аппаратами, приборами и вторичными цепями. На месте монтажа из этих готовых узлов собирают распределительные устройства подобно тому, как из отдельных панелей собирают распределительные шкафы напряжением до 1000 В. Для открытых распределительных устройств выпускают комплектные РУ наружной установки типа КРУН. Они принципиально не отличаются от КРУ, но имеют конструкцию, позво-

ляющую защитить оборудование и приборы от атмосферных воздействий. Помимо КРУ и КРУН, отечественная промышленность выпускает *комплектные трансформаторные подстанции (КТП)*, используемые для электроснабжения потребителей в городах, сельской местности и на промышленных предприятиях. Применение комплектов распределительных устройств и трансформаторных подстанций позволяет сократить сроки монтажных работ, снизить их стоимость и улучшить качество.

## 12.2. Изоляторы

Фарфоровые изоляторы, используемые в распределительных устройствах, делятся на опорные, проходные и аппаратные.

Опорные изоляторы служат для крепления токопроводящих шин и их изоляции от заземленных конструкций и других элементов РУ. Такой изолятор (рис. 12.1) состоит из фарфорового корпуса 2, чугунных колпачка 1 и фланца 3. Наружная поверхность фарфорового корпуса покрыта глазурью. Металлические детали имеют

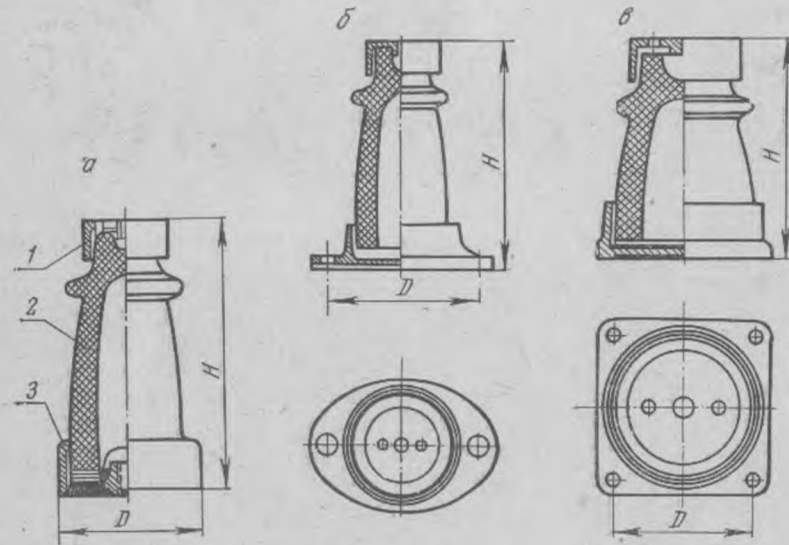


Рис. 12.1. Опорные изоляторы:

а — с круглым фланцем, б — с овальным фланцем, в — с квадратным фланцем

антикоррозионное покрытие и крепятся к фарфору специальным цементирующим составом. Швы между фарфором и металлом покрывают влагостойким лаком. Колпачки изоляторов имеют резьбовые отверстия, в которые ввертывают крепежные детали для монтажа шин. Фланцы могут быть овальными, круглыми и квадратными. *Изолятор с круглым фланцем* (рис. 12.1, а) крепят к основанию

одним винтом, который ввертывают в отверстие с резьбой в центре фланца; *изоляторы с овальными и квадратными фланцами* (рис. 12.1, б, в) закрепляют двумя или четырьмя болтами, проходящими в сквозные отверстия фланца.

Марка опорного изолятора состоит из букв О (опорный), Ф (фарфоровый) и цифр, указывающих номинальное напряжение изолятора (в кВ) и разрушающую нагрузку на изгиб (в кг).

Последние две буквы в марке обозначают форму фланцев. Например: изолятор ОФ-6-375 ов — опорный, фарфоровый, рассчитанный на номинальное напряжение 6 кВ и имеющий допустимую разрушающую нагрузку 375 кг, с овальным фланцем.

Выпускают также малогабаритные опорные изоляторы ОМА, у которых колпачок и фланец заменены стальными крепежными деталями, вмазанными в фарфоровый корпус.

Проходные изоляторы служат для того, чтобы проложить шины через стены, перекрытия и перегородки, поэтому кроме обычных для любого изолятора фарфоровых изоляционных деталей, они обязательно должны иметь специальный токопроводящий стержень из меди или алюминия круглого или прямоугольного сечения. Наиболее распространенная конструкция проходного изолятора приведена на рис. 12.2, а. Такой изолятор состоит из фарфорового глазурованного корпуса 2, снабженного фланцем 3 и токопроводящим стержнем 1. Фланец имеет отверстия для крепления изолятора в проеме стены и заземляющий болт.

Токопроводящие стержни проходных изоляторов рассчитаны на определенную силу тока. В установках с токами выше 1000 А используют шинные проходные изоляторы (рис. 12.2, б), не имеющие токопроводящего стержня — шины РУ проходят сквозь отверстия в изоляторе, укрепленном в стене, перегородке и т. д.

Проходные изоляторы должны иметь достаточную механическую прочность к нагрузкам, возникающим вследствие действия электромеханических сил. В наименовании марки проходного изолятора указывается буква П (проходной) и дробь, числитель которой равен величине номинального напряжения изолятора, знаменатель — величине номинального тока токопроводящего стержня. Последнее число в марке указывает величину разрушающей нагрузки на изгиб. Например, П-10/400-650 — изолятор проходной, рассчитанный на номинальное напряжение 10 кВ, номинальный ток 400 А и разрушающую нагрузку на изгиб 650 кг.

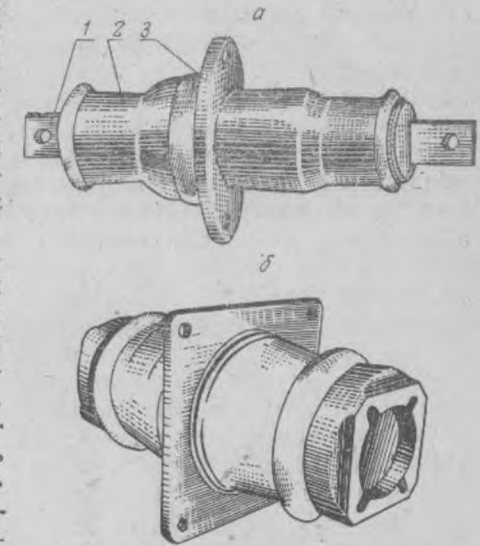


Рис. 12.2. Проходные изоляторы:

а — с токопроводящим стержнем, б — шинный

танный на номинальное напряжение 10 кВ, номинальный ток 400 А, допустимая разрушающая нагрузка его 650 кг.

В электрических аппаратах используются специальные аппараты изоляторы разнообразных конструкций.

### 12.3. Общие сведения о силовых выключателях

Любая электрическая цепь должна иметь выключатель и защитный аппарат той или иной конструкции. В электроустановках напряжением до 1000 В в качестве отключающих аппаратов используют рубильники, пакетные выключатели, контакторы и т. п. При отключении этих аппаратов возникающая между контактами искра (дуга) легко гасится без применения специальных дугогасящих устройств (рубильники) или с помощью простейших дугогасительных приспособлений (дугогасительные решетки в контакторах или автоматах). Легкость гашения дуги в данном случае объясняется тем, что при сравнительно низких напряжениях напряженность электрического поля между расходящимися контактами невелика и воздух ионизируется слабо, поэтому дуга неустойчива.

Совсем иначе обстоит дело, если разрывается цепь напряжением 6 и более киловольт. Воздушный промежуток между расходящимися контактами настолько сильно ионизируется, что через него беспрепятственно течет ток, то есть горит дуга. Электрическая дуга имеет температуру в несколько тысяч градусов, и если ее быстро не погасить, то в считанные секунды расплавляются контакты и повреждаются близко расположенные приборы и аппараты. Интенсивность дуги зависит не только от напряжения установки, но и от силы тока в цепи в момент ее размыкания: чем больше ток, тем сильнее будет дуга и тем труднее ее погасить. Именно такие условия возникают в случае, когда высоковольтному выключателю приходится размыкать цепь, в которой произошло короткое замыкание.

По этим причинам силовые выключатели в установках напряжением выше 1000 В снабжены специальными, иногда очень сложными дугогасительными системами, способными погасить мощную электрическую дугу за доли секунды. В качестве дугогасительной среды используют трансформаторное масло. Когда между контактами, находящимися в масле, загорается дуга, от высокой температуры масло разлагается, возникает газовый пузырь, содержащий до 70% водорода, который не поддается ионизации. Давление газов в водородном пузыре быстро повышается до нескольких десятков атмосфер, расстояние между молекулами газа становится настолько малым, что ударная ионизация его практически невозможна. Таким образом, водородная среда и высокое давление газа в районе контактов способствуют быстрому гашению дуги.

Выключатели, в которых дугогасительной средой служит трансформаторное масло, называют масляными. Они делятся на два типа: выключатели с большим объемом масла (многообъемные) и выключатели с малым объемом масла (малообъемные). Первые

содержат до нескольких сотен килограммов масла, используемого не только для гашения дуги, но и для изоляции токопроводящих частей. В настоящее время эти выключатели уже не выпускают (как устаревшие), но еще используются в действующих электроустановках. Малообъемные (горшковые) выключатели — основной вид отключающих аппаратов для электроустановок напряжением до 10 кВ. К ним относятся аппараты ВМГ-10, ВМП-10, МГГ-10.

В качестве отключающих аппаратов при напряжении до 10 кВ широко применяют так называемые выключатели нагрузки ВМП-16 и ВМП-17, в которых для гашения дуги используется не масло, а органическое стекло.

К основным параметрам силовых выключателей относятся номинальное напряжение, номинальные токи отключения и включения, номинальная мощность отключения, а также собственное и полное время отключения.

### 12.4. Выключатель ВМП-10

Малообъемные масляные выключатели ВМП-10 (выключатель масляный подвесной на напряжение 10 кВ) используются как в РУ обычного типа, так и в КРУ. Они рассчитаны на номинальный ток 600, 1000 и 1500 А и содержат 4,4 Н (4,5 кг) масла.

Основанием выключателя (рис. 12.3) служит стальная рама 5, на которой установлены шесть опорных изоляторов 2, несущих полюса 1 выключателя. На раме смонтирован вал 6 с закрепленными на нем двухплечими рычагами 7. К длинному плечу рычага шарнирно присоединены изолирующие тяги 3, с помощью которых приводятся в действие подвижные контакты, находящиеся в полюсах выключателя. К коротким плечам рычагов присоединены две отключающие пружины 4; для смягчения ударов при включении используется пружинный буфер 8, а при выключении — масляный буфер 9.

Полюс выключателя ВМП-10 (рис. 12.4) представляет собой цилиндр 14 из стеклоэпоксида, имеющий высокие электрические и механические свойства. Нижняя часть его снабжена металлическим фланцем 4 с нижней крышкой 2, на которой смонтирован неподвижный розеточный контакт 3 и имеется болт 1 для подключения токопроводящей шины, а также маслосливное отверстие с резьбовой пробкой 17. Для контроля уровня масла нижний фланец оборудован указателем уровня 16. Передняя часть нижнего фланца образует воздушную полость 5, выполняющую роль буферного объема. Над розеточным контактом расположена дугогасительная камера 6. На верхней части изолирующего цилиндра установлен корпус 12 из алюминиевого сплава, в котором находятся направляющие стержни 13, подвижный контакт 15 и роликовое токосъемное устройство 8. В верхней части алюминиевого корпуса расположена маслоотделитель, в верхней крышке 9 которого есть выхлопное отверстие с колпачком 10 и маслосливное отверстие с пробкой 11.

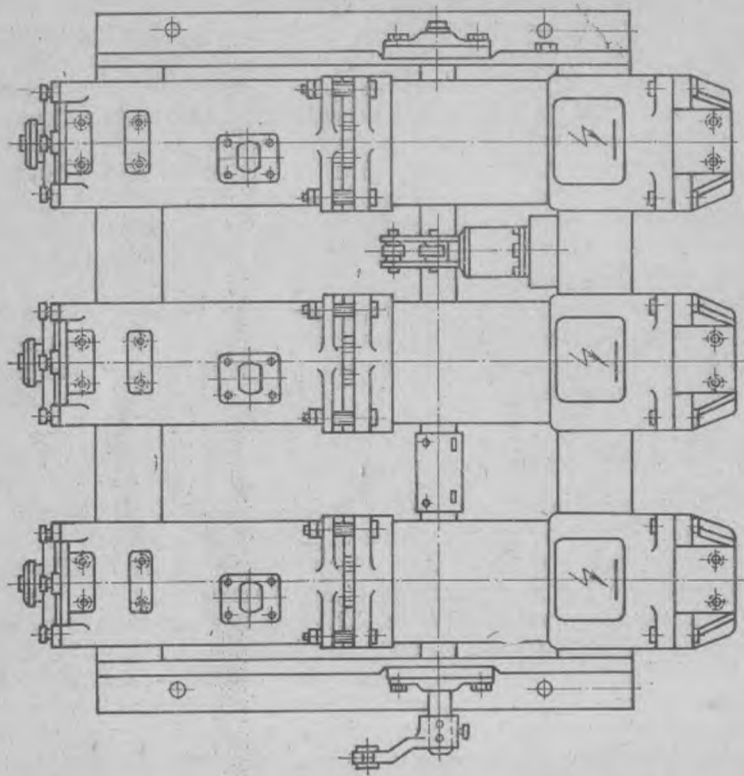
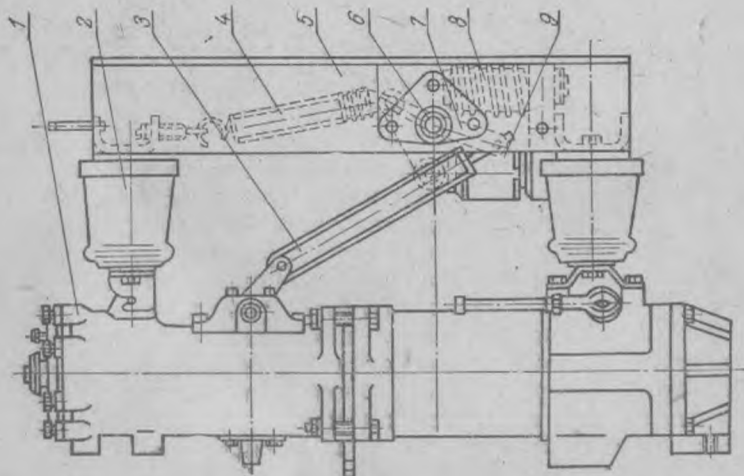


Рис. 12.3. Выключатель ВМП-10



Когда вал выключателя поворачивается, изолирующие тяги толкают вверх приводные рычаги подвижного контакта и он опускается вниз, проходит сквозь центральное отверстие дугогасительной камеры и входит в розеточный контакт. При этом от верхнего вывода 7 по направляющим стержням, токосъемным роликам, через подвижной и неподвижные контакты к нижнему выводу потечет ток.

Выключатели ВМП-10 выпускают трех модификаций: в обычном исполнении для установки в РУ типа КСО, ВМП-10К для распределительных устройств типа КРУ, ВМП-10П (рис. 12.5) с видоизмененной и увеличенной рамой, на которой, кроме выключателя, смонтирован пружинный привод.

Для увеличения надежности контактной системы подвижной контакт выключателей ВМП снабжен съемным наконечником из металлокерамики; этим же материалом покрыты и верхние части сегментов розеточного контакта. Управление выключателями серии ВМП осуществляется с помощью пружинных приводов ПП-61, ППМ-10 и др.

#### 12.5. Выключатель МГГ-10

Выключатель МГГ-10 (масляный горшковый генераторный, на напряжении 10 кВ) относится к выключателям с малым объемом масла и используется в установках с большими токами (2000 и 3000 А), а также для комплектования камер типа КРУ и КРУН.

Поскольку выключатель рассчитан на большие токи, его отключение сопровождается сильной электрической дугой, которая может повредить контакты и погасить которую значительно труднее, чем в выключателе ВМП. Поэтому в выключателях МГГ использована система контактов, облегчающая гашение дуги и предохраняющая от повреждения контактные поверхно-

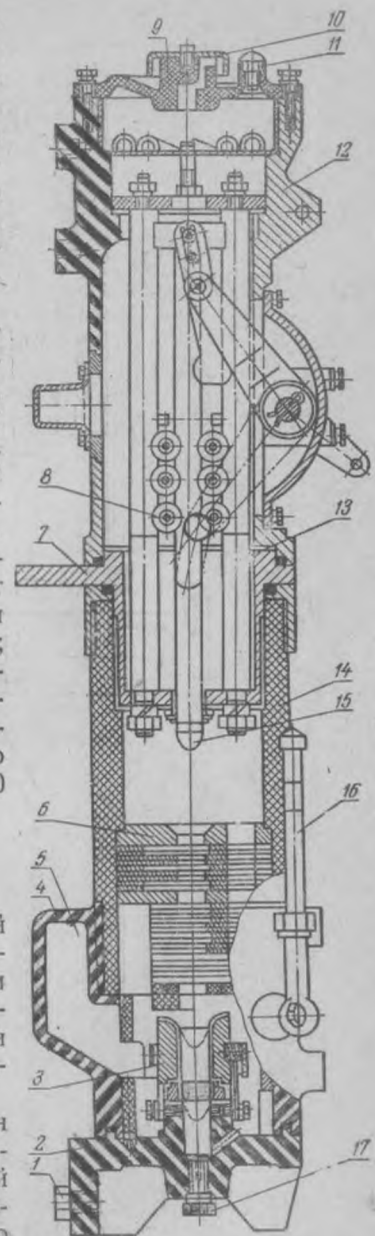


Рис. 12.4. Полюс выключателя ВМП-10



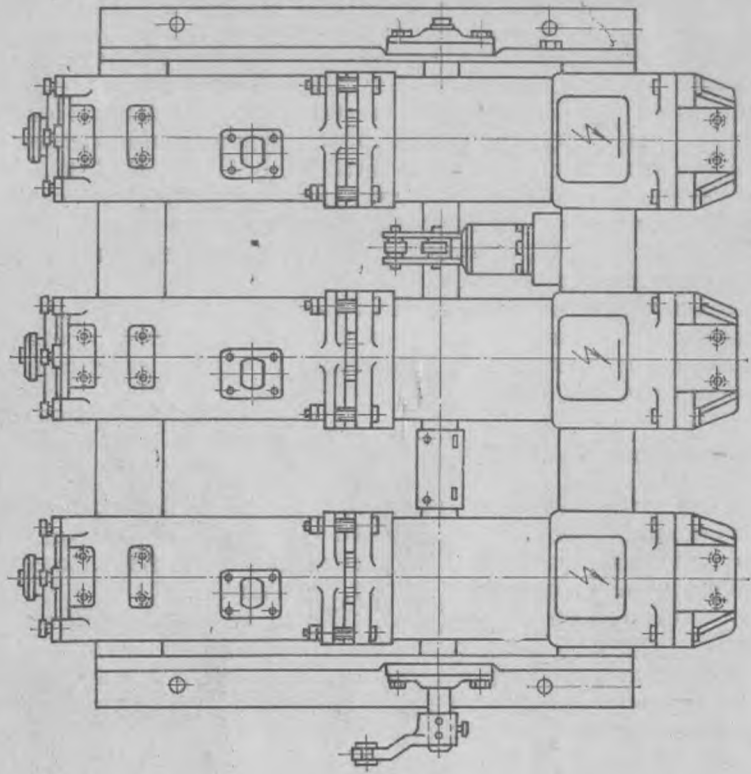
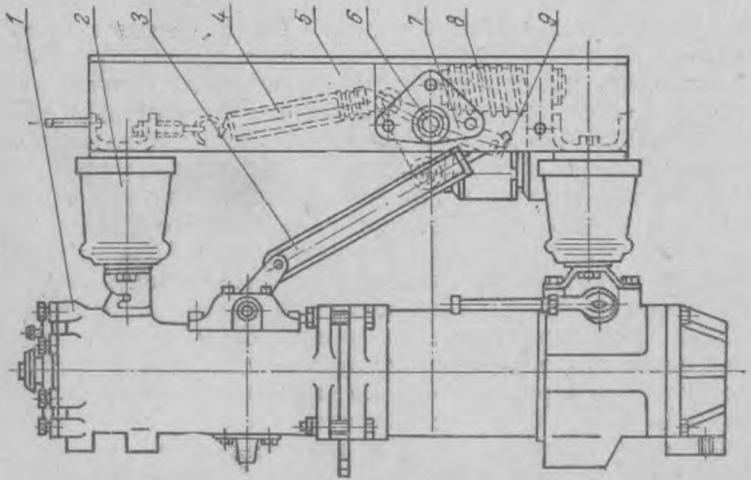


Рис. 12.3. Выключатель ВМП-10



122

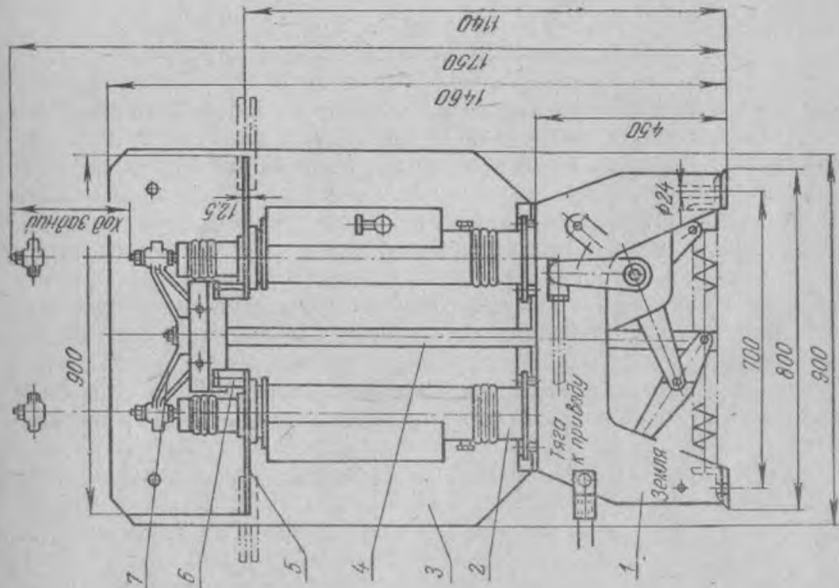
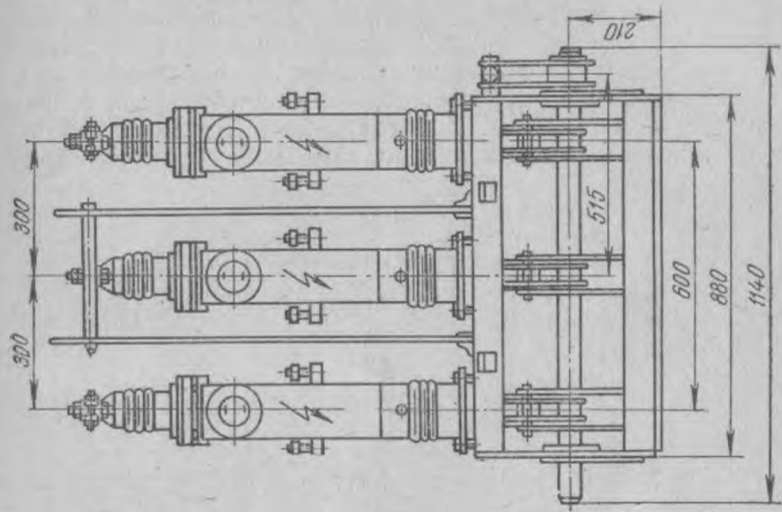


Рис. 12.7. Выключатель МГГ-10



тактов 3, расположенных в верхней части дугогасительных цилиндров. Длина подвижных дугогасительных контактов подобрана таким образом, чтобы при включении выключателя они замыкались раньше рабочих (путь тока при этом показан на рисунке стрелками). Во включенном положении ток в основном течет по рабочим контактам (рис. 12.6, б), минуя дугогасительные, сопротивление которых больше. При отключении выключателя раньше отключаются рабочие контакты, но дуга между ними не возникает,

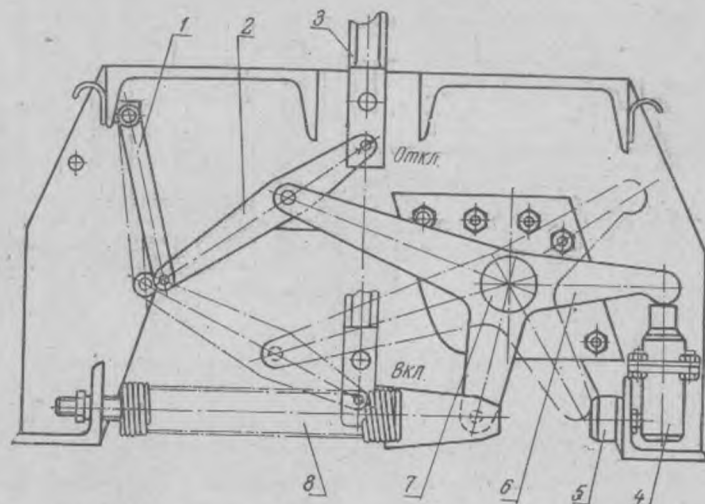


Рис. 12.8. Приводной механизм выключателя МГГ-10

так как цепь фактически еще не разомкнулась. После разъединения дугогасительных контактов в цилиндрах возникает дуга, которая быстро гасится. Гашение дуги в МГГ облегчается последовательным включением дугогасительных цилиндров в каждой фазе: при отключении выключателя происходят одновременно два разрыва одной цепи, благодаря чему вдвое увеличивается длина дугового промежутка и гашение дуги ускоряется.

Выключатель МГГ-10 (рис. 12.7) смонтирован на стальной раме 1, которая устанавливается на полу или фундаменте РУ. На раме болтами закреплены аппаратные изоляторы 2 специальной конструкции, на которых крепятся дугогасительные цилиндры с неподвижными дугогасительными контактами. Верхняя часть цилиндра снабжена проходным изолятором, у основания которого есть контактный вывод 5 для подключения токоведущей шины, а также неподвижные рабочие контакты 6 пальцевого типа. Подвижные дугогасительные и рабочие контакты смонтированы на траверсе 7 из алюминиевого сплава, соединенной с изоляционной штангой 4. Нижний конец штанги входит в раму выключателя и присоединяется к системе рычагов приводного механизма. Фазы выключателя разделены изоляционными перегородками 3.

Приводной механизм (рис. 12.8) выключателя состоит из вала 7, на котором закреплен фигурный рычаг 6. Его длинное плечо шарнирно связано с коромыслом 2, а оно в свою очередь одним концом присоединено к изоляционной штанге 3, другим — к подвеске 1. К короткому плечу фигурного рычага присоединена отключающая пружина 8. На рисунке сплошными линиями показано положение деталей приводного механизма в отключенном состоянии. При

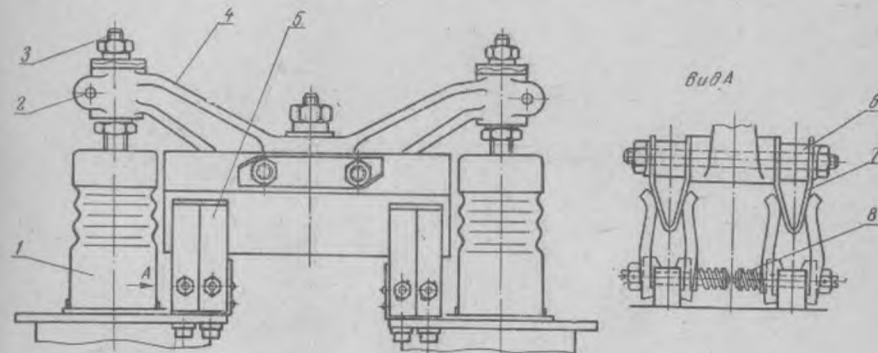


Рис. 12.9. Верхняя часть контактной системы выключателя МГГ-10

включении выключателя вал поворачивается против часовой стрелки, рычаг растягивает отключающую пружину и опускает коромысло и связанную с ним изолирующую штангу с подвижными контактами. Когда контакты выключателя замкнуты, рычаги приводного механизма занимают положение, изображенное штриховыми линиями. Плавность отключения подвижной системы обеспечивается масляным буфером 4, возле которого установлен упор 5, ограничивающий ход подвижной системы при включении.

Верхняя часть контактной системы выключателя (рис. 12.9) имеет алюминиевую траверсу 4 с закрепленными на ней дугогасительными стержнями 3, крепление производится стяжными болтами 2. На основании проходного изолятора 1 установлены неподвижные рабочие контакты 5, их нажатие обеспечивается пружинами 8. Подвижной рабочий контакт 7 крепится на траверсе стяжными болтами и распорками 6.

Для заливки всех шести цилиндров выключателя требуется 196 Н (20 кг) масла. Выключатель приводится в действие электромагнитным приводом ПЭ-2.

## 12.6. Выключатели нагрузки

Выключатель нагрузки служит для включения и отключения электрических цепей напряжением 6 и 10 кВ, находящихся под током нагрузки. Он снабжен простой дугогасительной системой, которая надежно гасит дугу, вызванную нормальным током нагрузки, но не обеспечивает гашения дуги большой мощности, возникающей

при коротких замыканиях. Выключатели нагрузки на ток 400 или 200 А выпускают в трех исполнениях: ВН-16 (выключатель нагрузки); ВНП-16 (выключатель нагрузки с предохранителями); ВНП-17 (такой же, как и ВНП-16, но снабжен устройством для автоматического отключения при сгорании любого из предохранителей, смонтированных совместно с выключателем).

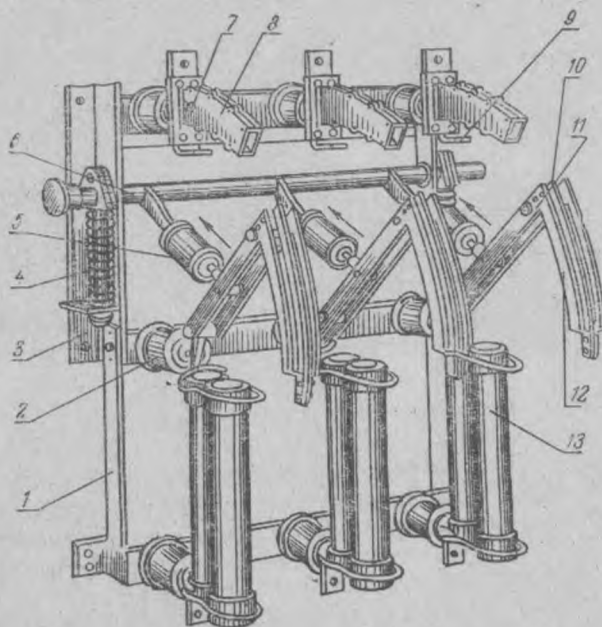


Рис. 12.10. Выключатель нагрузки ВНП-16

Выключатель нагрузки ВНП-16 (рис. 12.10) смонтирован на стальной сварной раме 3 с опорными изоляторами 2. На верхнем изоляторе каждой фазы установлены неподвижные контакты — рабочий 9 и дугогасительный 7. Последний размещен в пластмассовой дугогасительной камере 8. Внутри камеры находится вкладыш из органического стекла, состоящий из двух частей и в собранном виде образующий узкую щель для входа подвижного дугогасительного контакта. На нижнем изоляторе укреплен нож 11 — подвижной рабочий контакт, состоящий из двух связанных между собой медных полос. Подвижной дугогасительный контакт 10 расположен между двумя направляющими полосами 12, прикрепленными к ножу. На раме в подшипниках установлен вал 6, к которому приварены три рычага с фарфоровыми тягами 5. Подвижная система выключателя нагрузки отключается с помощью двух пружин 4. Для установки плавких предохранителей 13 к раме крепится добавочный каркас 1 с опорными изоляторами, снабженными контактными губками и пружинами.

Когда вал выключателя поворачивается против часовой стрелки, рычаги с фарфоровыми тягами тянут ножи в направлении стрелок, изображенных на рисунке (контакты замыкаются). Длина контактов такова, что входящий в канал дугогасительной камеры дугогасительный контакт замыкается с неподвижным контактом раньше, чем замкнутся рабочие контакты. В конце хода подвижной системы, когда цепь уже замкнута через дугогасительные контакты и опасности появления дуги нет, замыкаются рабочие контакты. При отключении выключателя сначала размыкаются рабочие контакты и лишь затем дугогасительные, возникающая между ними дуга затягивается в узкую щель вкладыша. Под действием высокой температуры органическое стекло выделяет большое количество газов и давление в области контактов повышается; газы с силой выходят в зазоры между дугогасительными контактами и стенками камеры, создают продольное дутье и быстро гасят дугу. Один вкладыш обеспечивает около 150 отключений выключателя нагрузки.

Для привода в действие выключателей ВН и ВНП применяют приводы марок ПР-17 и ПРА-17.

### 12.7. Приводы к выключателям

Приводы предназначены для включения и отключения выключателей. При включении привод должен создавать большое усилие, необходимое для перемещения подвижной системы, преодоления трения в контактах и растяжения сильных отключающих пружин. После включения система рычагов должна ставиться на защелку, препятствующую самопроизвольному отключению выключателя. Выключатель отключается вручную или автоматически при появлении ненормального режима работы. В обоих случаях защелка отбрасывается и выключатель отключается за счет усилия растянутых отключающих пружин.

Каждый привод снабжен механизмом свободного расцепления, который служит для автоматического отключения выключателя в любой момент времени, в том числе и при включении участка цепи, где еще до включения произошло, например, короткое замыкание. По виду источника энергии, необходимой для включения выключателя, приводы делятся на ручные, электрические, пружинные и грузовые.

Вал 1 электромагнитного привода ПЭ-11 (рис. 12.11) и система рычагов смонтированы на кронштейне 2 и закрыты стальным кожухом 3. В передней правой части привода расположена удерживающая защелка 4 механизма свободного расцепления, снабженная рукояткой ручного отключения 5. В нижнем отсеке размещен включающий электромагнит с обмоткой 7 и сердечником 8. Для уменьшения удара привода при падении сердечника после включения выключателя под сердечником имеются амортизаторы. Дистанционное отключение выключателя производится электромагнитом 6, сердечник которого поворачивает удерживающую защелку.

Для подключения элементов привода к внешней цепи в нем установлена сборка зажимов.

Привод ПЭ-2 (рис. 12.12) устанавливается на горизонтальном основании и крепится к нему четырьмя болтами. Он состоит из системы рычагов 1, опирающихся во включенном положении на удерживающую защелку 3, положение которой фиксируется пружинной защелкой 4.

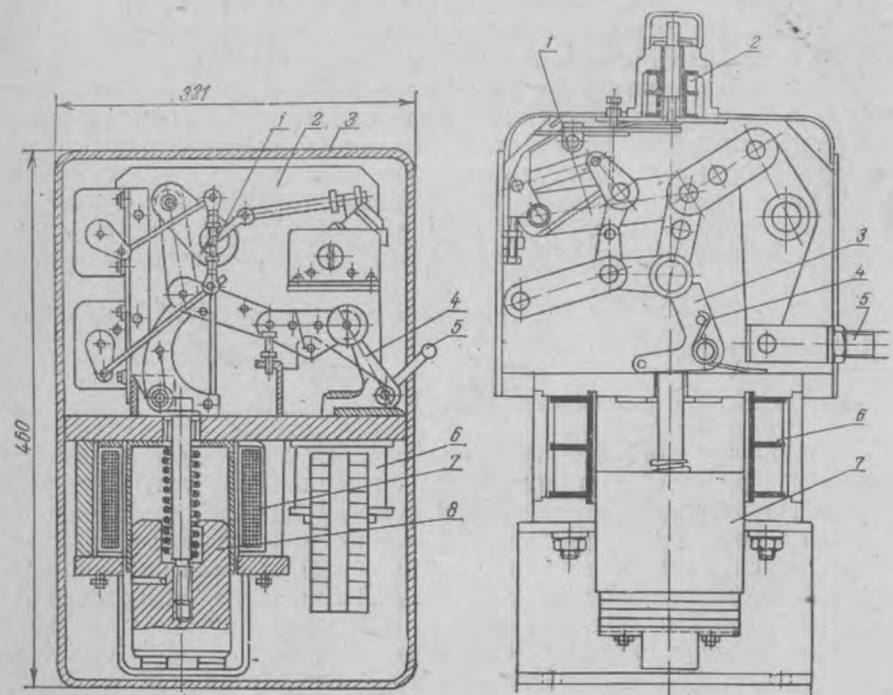


Рис. 12.11. Электромагнитный привод ПЭ-11

Рис. 12.12. Электромагнитный привод ПЭ-2

Рычаги привода действуют на тягу 5, связывающую привод с выключателем. Включение выключателя осуществляется электромагнитом с обмоткой 6 и сердечником 7, а отключающий электромагнит 2 располагается в верхней части привода и имеет кнопку ручного отключения. Во время включения выключателя на привод действуют большие механические усилия, со временем ослабляющие его крепление, поэтому между выключателем и приводом устанавливают стальную распорную штангу, препятствующую смещению привода при включении. Привод ПЭ-2 снабжен винтовым домкратом, которым пользуются при монтаже и совместной регулировке выключателя и привода.

Привод ПР-17 (рис. 12.13) предназначен для ручного включения и отключения выключателей нагрузки. Его закрепляют с помощью фланца 5 на передней стенке ячейки, где установлен вы-

ключатель нагрузки. На оси 6 смонтирован приводной рычаг 2 с рукояткой 1, предназначенный для поворота секторного рычага 8 и перемещения тяги 7. При перемещении подвижных частей привода растягиваются пружины выключателя, механизм свободного расцепления привода устанавливается на защелку 9, а указатель положения выключателя занимает соответствующее положение.

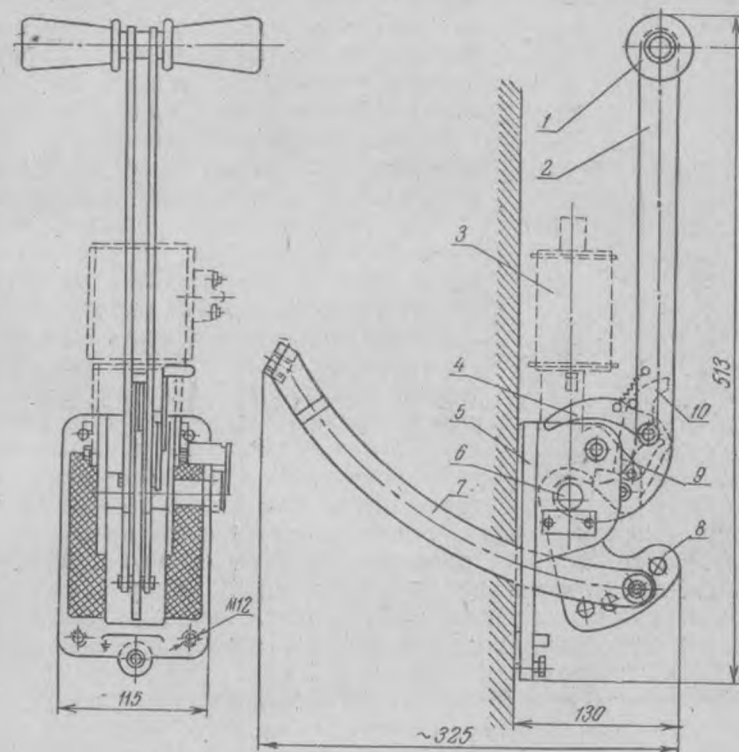


Рис. 12.13. Рычажный привод ПР-17

Рычажок 10 служит для ручного отключения выключателя. Привод ПРА-17 устроен так же, но имеет дополнительно отключающий электромагнит 3, сердечник которого при отключении ударяет по отключающей собачке 4.

### 12.8. Разъединители

Кроме выключателей, электроустановки напряжением выше 1000 В снабжаются и другими отключающими аппаратами, а именно, разъединителями. Необходимость в установке разъединителей можно уяснить при рассмотрении схемы электроснабжения потребителей (рис. 12.14). Пусть на электрической станции работают генераторы Г1 и Г2, от которых электроэнергия через масляные вы-

ключатели  $B1$  и  $B2$  подается на сборные шины  $PУ$ , а затем по линиям электропередачи  $Л1—Л3$  поступает на трансформаторные подстанции  $ТП1—ТП3$  и далее к потребителям. Предположим, что после длительной работы выключатель  $B3$  должен быть, согласно графику, осмотрен и отремонтирован. Для этого его предварительно отключают, но отдельные его детали (например, входные контакты) все же остаются под напряжением, поэтому приступать к

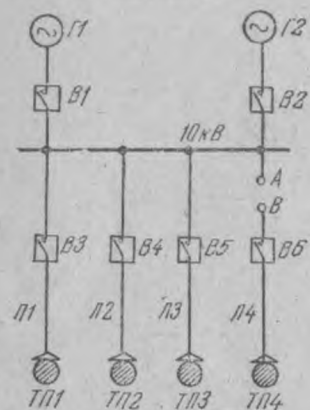


Рис. 12.14. Схема электропитания потребителей

ремонту нельзя. Более того, при выключенном выключателе нельзя даже приступить к ремонту линии  $Л1$ , на которой он установлен, так как выключатель с автоматическим приводом может быть включен ошибочно и к месту работы людей будет подано высокое напряжение.

По этой причине правила техники безопасности требуют не только снять напряжение с участка цепи, на котором производятся ремонтные работы, но и создать видимый разрыв цепи с каждой стороны, откуда к месту работы может быть подано напряжение. Именно такой разрыв и создан на линии  $Л4$  с выключателем  $B6$  между точками  $A$  и  $B$ : все детали выключателя  $B6$  и тем более линии электропередачи надежно отделены от сбор-

ных шин  $PУ$  и тем самым обеспечена безопасность проведения ремонтных работ. Видимые разрывы цепей высокого напряжения и создаются разъединителями (или ремонтными аппаратами). Разъединители бывают однополюсными и трехполюсными наружной и внутренней установки, их выпускают на напряжение 6 и 10 кВ и на токи 400, 600, 1000 и более ампер.

Однополюсный разъединитель  $PВO-10/400$  (разъединитель внутренней установки однополюсный на напряжение 10 кВ и ток 400 А — рис. 12.15) собран на стальном цоколе 1 коробчатой формы, на котором установлены опорные изоляторы 2. Неподвижный контакт (губки) 4 имеет отверстие для подключения шины и скобу с выступом 9. Подвижный контакт (нож) состоит из двух параллельных медных полос 3, стянутых пружинами 10, создающими необходимое нажатие контактов во включенном положении разъединителя. Для включения и отключения аппарата предусмотрено ушко 6, снабженное зубом 8 и пружиной 7. Когда разъединитель включен, зуб входит в зацепление с неподвижным контактом и предотвращает самопроизвольное размыкание контактов. С обеих сторон подвижного контакта расположены стальные пластины 5 магнитного замка. При прохождении тока через нож разъединителя пластины намагничиваются, притягиваются друг к другу и увеличивают таким образом нажатие в контактах. Для заземления разъединителя на его цоколе предусмотрен болт 11. Однополюсными разъединителями управляют с помощью изоляционных штанг,

Трехполюсный разъединитель  $PВ-10/400$  (рис. 12.16) смонтирован на стальной раме 1 с установленными на ней опорными изоляторами 10. На изоляторах закреплены неподвижные контакты 8 и контактные стойки 5 с подвижными контактами 6, снабженными пружинами и магнитными замками. Через раму проходит стальной

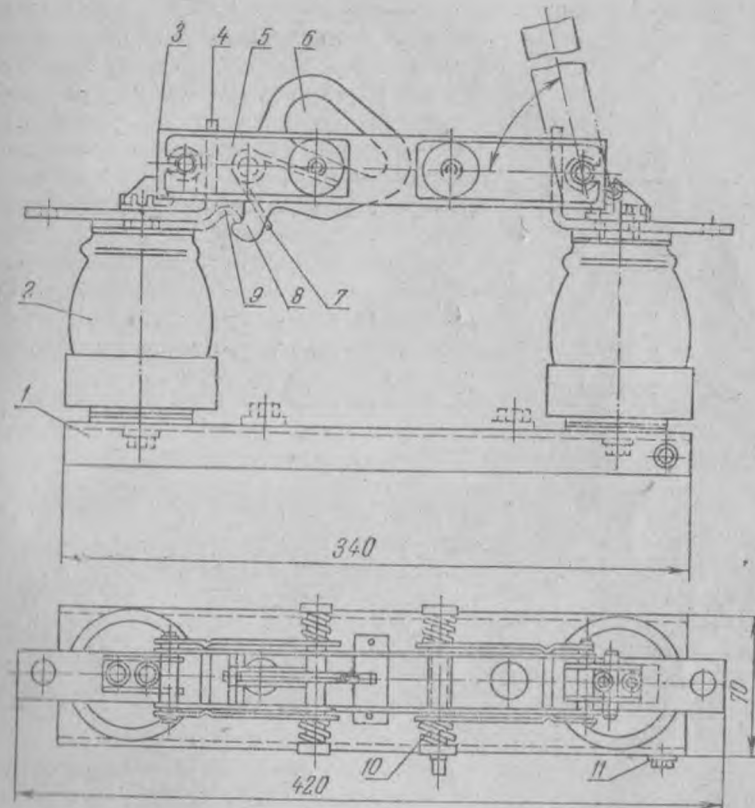


Рис. 12.15. Однополюсный разъединитель РВО-10

вал 4, к которому приварены поводки 9, соединенные с фарфоровыми тигами 7. На конце вала с помощью штифта крепится рычаг 3, которым разъединитель приводят в действие. Для ограничения поворота вала при включении на нем закреплен упор 2. Для управления разъединителем используют приводы различной конструкции.

Разъединители серии РВ могут быть снабжены заземляющими ножами, причем вал с этими ножами блокируется с валом разъединителя для исключения ошибочных действий при переключениях.

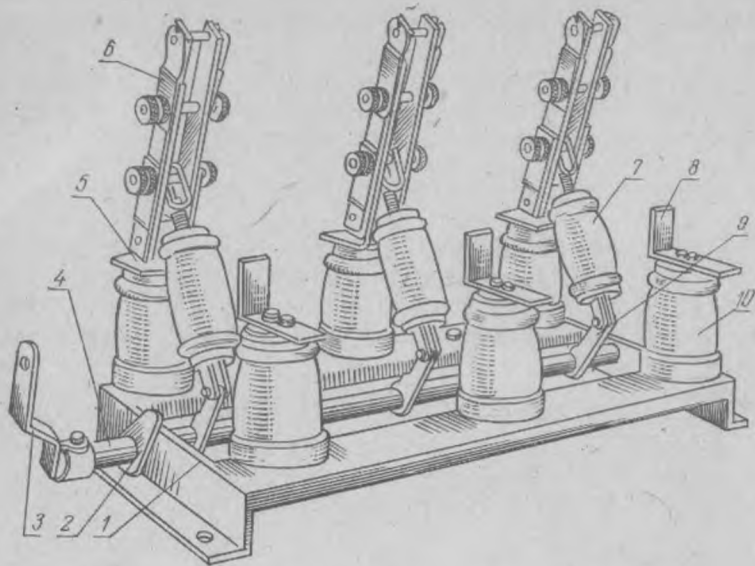


Рис. 12.16. Трехполюсный разъединитель РВ-10

### 12.9. Приводы к разъединителям

Однополюсными разъединителями управляют с помощью изолирующей штанги.

Рычажные приводы ПР-2 используют для управления разъединителями, рассчитанными на токи до 600 А. Такой привод (рис. 12.17) имеет передний 1 и задний 7 подшипники, скрепленные между собой шпильками 6; длина этих шпилек регулируется в зависимости от толщины стенки или перегородки, на которой устанавливается привод. Управление разъединителем осуществля-

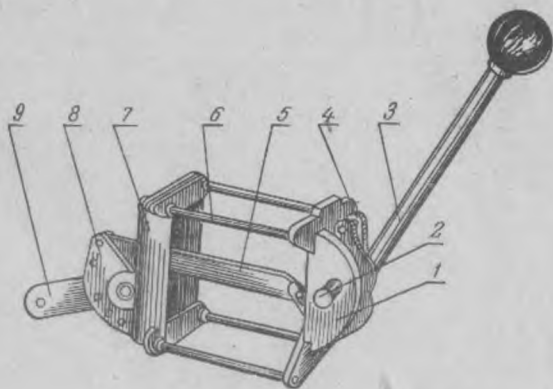


Рис. 12.17. Рычажный привод ПР-2

ется с помощью рукоятки 3, соединенной поводком 5 с регулировочным сектором 8. Сектор поворачивает закрепленный на нем рычаг 9, а соединенная с ним тяга поворачивает вал разъединителя. Во включенном или отключенном положении разъединителя привод можно застопорить фиксатором 2, установленным на переднем подшипнике. Благодаря пружине фиксатор постоянно находится в таком положении, что препятствует движению привода, поэтому, для того чтобы отключить или включить разъединитель, следует предварительно оттянуть фиксатор и лишь затем с помощью рукоятки привести в действие привод. В передней части привода предусмотрен выступ 4 рычага рукоятки для присоединения тяги разъединителя в случае, когда привод и разъединитель установлены в одной плоскости (например, на стене трансформаторной подстанции).

Приводы ПР-3, применяемые для разъединителей, рассчитанных на токи 2000 А, аналогичны описанному. В комплект рычажных приводов входят регулировочные винты для сочленения их с тягами разъединителей.

### 12.10. Трансформаторы тока

В отличие от трансформаторов тока напряжением до 1000 В, которые предназначены только для включения токовых обмоток измерительных приборов и реле автоматики в электрических цепях

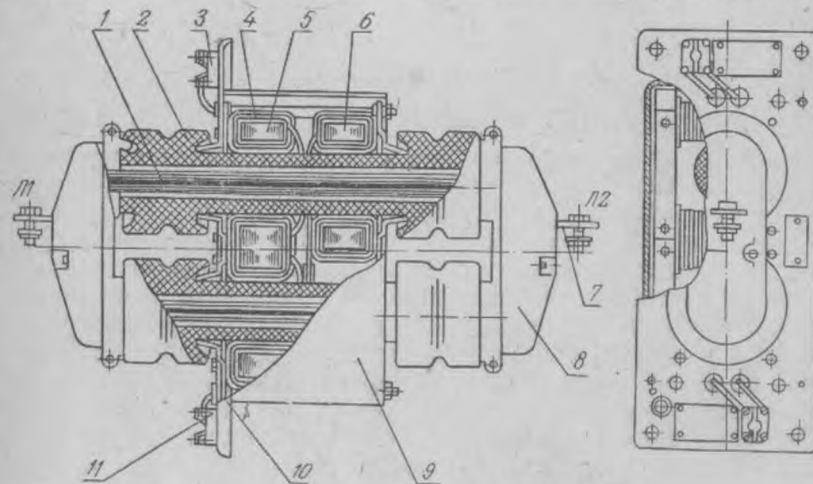


Рис. 12.18. Трансформатор тока ТПФМ

с большими токами, высоковольтные трансформаторы тока благодаря надежной изоляции первичной обмотки еще и отделяют первичные цепи высокого напряжения (6, 10, 35 и более киловольт) от измерительных цепей и делают эксплуатацию измерительных приборов и реле безопасной. Работа прибора характеризуется его

классом точности (0,2; 0,5; 1; 3 и 10). Если к трансформатору тока подключен счетчик, предназначенный для определения оплаты за электроэнергию, то вторичная обмотка трансформатора должна иметь класс точности не ниже 0,5. Для подключения других измерительных приборов можно использовать трансформаторы тока с классом точности 1, а для подключения реле защиты — 3.

Трансформатор тока ТПФМ (рис. 12.18) имеет стальной фланец 10 с закрепленными на нем трубчатыми изоляторами 2. В местах соприкосновения фарфора и стальных деталей фланца нанесено токопроводящее покрытие из металла или графита. На изоляторах расположены стальные сердечники 5 с намотанными на них вторичными обмотками 4, выводы которых подключены к зажимам 3. Первичная обмотка 1, выполненная из медной полосы, расположена внутри фарфоровых изоляторов, а ее выводы сделаны в виде контактных угольников 7, выступающих из торцовых частей крышек 8.

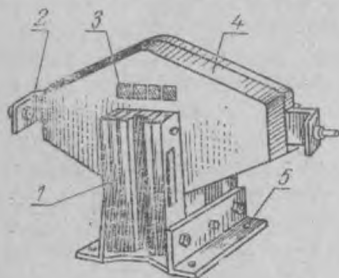


Рис. 12.19. Трансформатор тока ТПЛ

Для защиты от механических повреждений и запыления трансформатор закрыт кожухом 9; для заземления аппарата служит заземляющий болт на фланце. На рисунке изображен трансформатор тока, имеющий одну первичную и две вторичные обмотки, а следовательно, второй ряд сердечников 6 и вторые зажимы 11. Такой двухобмоточный трансформатор тока, как правило, выполняется с вторичными обмотками, имеющими различные классы точности (например, 0,5 и 3), что дает возможность подключить к нему и измерительные приборы и устройства релейной защиты. Рассмотренный трансформатор может быть установлен в проемах стен и перекрытий.

Трансформатор тока ТПОФ-10 имеет первичную обмотку, состоящую из одного витка — медного токопроводящего стержня с резьбой на концах для подключения шин. Конструкция этого трансформатора в остальном мало отличается от рассмотренного трансформатора. Широкое распространение получили также литые трансформаторы тока, у которых первичная и вторичная обмотки залиты эпоксидным компаундом, имеющим, как известно, хорошие изоляционные и механические свойства. Литой трансформатор тока типа ТПЛ-10 (рис. 12.19) имеет стальной магнитопровод 1 с крепежными угольниками 5. Эпоксидный корпус 4 удерживает контактные угольники 2, служащие выводами первичной обмотки, и винтовые зажимы 3 — выводы вторичной обмотки трансформатора.

Известно, что направление тока в обмотке амперметра не влияет на точность его работы: при любом способе подключения прибора к трансформатору тока амперметр будет давать правильные показания. По-этому обстоит дело с такими приборами, как ваттметры, счетчики (особенно трехфазные), а также многие устрой-

ства релейной защиты. Направление тока в них имеет большое значение. В связи с этим выводы обмоток трансформатора тока имеют специальную маркировку, позволяющую правильно подключить его и в первичную цепь высокого напряжения, и во вторичную измерительную цепь. Так, начало и конец первичной обмотки маркируются соответственно буквами  $L_1$  и  $L_2$  (линия), а начало и конец вторичной обмотки — буквами  $I_1$  и  $I_2$  (измерительная цепь).

## 12.11. Трансформаторы напряжения

Непосредственное включение в сеть вольтметров и других измерительных приборов с обмотками напряжения применяют только при напряжении до 1000 В. Если же необходимо измерить напряжение или включить какие-либо приборы или реле в установках напряжением 6, 10, 35 и более киловольт, приборы подключают через специальные измерительные трансформаторы напряжения. Такой аппарат представляет собой понижающий трансформатор небольшой мощности, первичная обмотка которого рассчитана на номинальное напряжение сети (6, 10, 35 ... кВ), а во вторичной обмотке при номинальном первичном напряжении индуктируется напряжение 100 В. Таким образом, трансформаторы напряжения имеют коэффициент трансформации 6000/100, 10000/100, 35000/100 и т. д. Благодаря высокому уровню изоляции первичной обмотки вторичная обмотка трансформатора напряжения с подключенными к ней приборами надежно изолирована от высоковольтных токопроводящих частей.

Для измерения высокого напряжения первичная обмотка трансформатора напряжения подключается параллельно тому участку цепи, напряжение на котором нужно измерить (рис. 12.20), а на зажимы вторичной обмотки включают измерительный прибор. При этом для повышения безопасности один из выводов вторичной обмотки заземляют. Трансформаторы напряжения, так же как и трансформаторы тока, работают с некоторой погрешностью и имеют четыре класса точности: 0,2; 0,5; 1 и 3. Если общая мощность параллельно включенных обмоток напряжения приборов и реле равна или меньше мощности (в ВА или кВА), указанной на щитке трансформатора напряжения, то он работает в классе точности, который соответствует данной нагрузке. В случае перегрузки трансформатор напряжения переходит в более низкий класс точности.

Трансформатор напряжения типа НОМ-10 (рис. 12.21) погружен в стальной бак 4 с крышкой, на которой смонтированы проход-

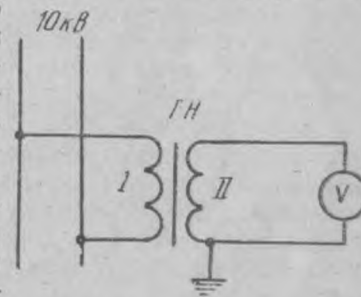


Рис. 12.20. Схема включения вольтметра с трансформатором напряжения

ные изоляторы 1 высшего и 3 низшего напряжения. Изолятор высшего напряжения установлен под углом для увеличения изоляционного расстояния между ними по воздуху. В баке расположен магнитопровод с первичной и вторичной обмотками. Для изоляции обмоток от заземленного бака используют трансформаторное масло, заливаемое через отверстие с пробкой 2. Бак трансформатора заземляют с помощью болта, размещенного на крышке. Для правиль-

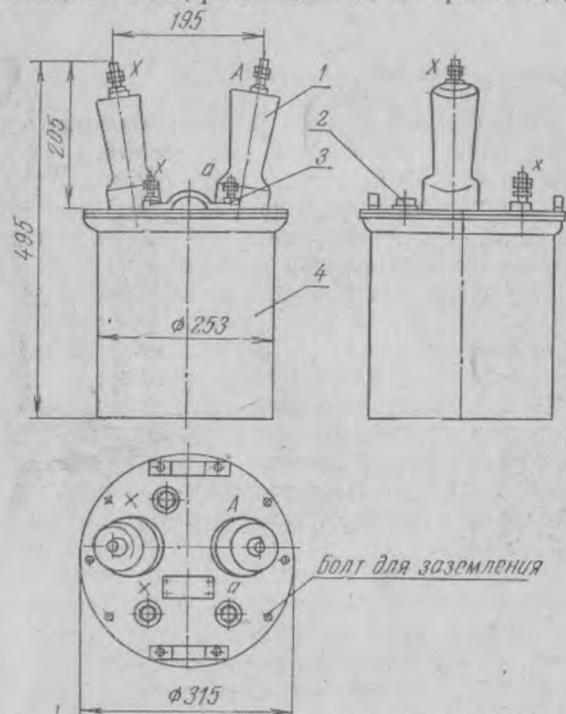


Рис. 12.21. Трансформатор напряжения НОМ-10

ного подключения измерительных приборов выводы маркируют следующим образом: начало и конец первичной обмотки обозначают буквами А и Х, а начало и конец вторичной обмотки — буквами а и х (соответственно). Трансформатор напряжения НОМ-6 конструктивно не отличается от НОМ-10, но имеет меньшие размеры и массу.

Кроме однофазных, выпускают и трехфазные трансформаторы напряжения. Трансформатор напряжения НТМК имеет обмотку высшего напряжения, соединенную по специальной схеме с дополнительной, так называемой компенсирующей обмоткой. У трехфазного трансформатора напряжения НТМИ на сердечнике смонтирована дополнительная (испытательная) обмотка, соединенная в разомкнутый треугольник. Выводы этой обмотки  $a_1$  и  $x_1$  закреплены на крышке трансформатора рядом с выводами основных обмоток.

## 12.12. Высоковольтные предохранители

Высоковольтные предохранители в установках напряжением 6 и 10 кВ выполняют роль защитных аппаратов в силовых сетях (ПК) или в цепях трансформаторов напряжения (ПКТ).

Предохранитель ПК (рис. 12.22, а) состоит из фарфорового патрона 2, армированного латунными контактными колпачками 1.

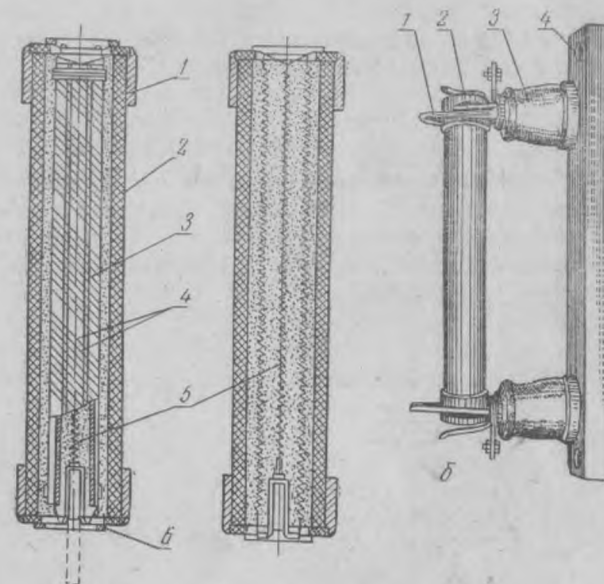


Рис. 12.22. Предохранитель ПК:  
а — устройство, б — установка

При токах до 7,5 А плавкую вставку 4 из медной посеребрянной проволоки наматывают на ребристый керамический каркас 3, причем отдельные проволочки располагают на каркасе параллельно друг другу с небольшим зазором. Такая конструкция плавкой вставки способствует не только лучшему охлаждению предохранителя, но и облегчает процесс гашения дуги, разбивающейся на несколько параллельных каналов. Плавкие вставки на токи более 7,5 А делают в виде спиралей с оловянными наплавками и размещают прямо в патроне. Предохранители ПК снабжены указателем срабатывания б, который представляет собой подпружиненную латунную втулку. До тех пор пока предохранитель не сработал и его плавкие вставки не перегорели, указательная проволока 5 удерживает пружину указателя в сжатом состоянии и втулка указателя находится на уровне торца предохранителя. При сгорании плавкой вставки перегорает указательная проволока и пружина выталкивает указатель срабатывания.



Предохранители ПКТ конструктивно не отличаются от предохранителей ПК, за исключением того, что они не имеют указателя срабатывания и их плавкие вставки делают не из медной, а из константановой проволоки, намотанной на керамический сердечник. Для ускорения гашения дуги предохранители имеют кварцевое заполнение.

Предохранители устанавливают (рис. 12. 22, б) в пружинящих контактных губках 2, закрепленных на опорных изоляторах 3. Надежность крепления предохранителя в губках обеспечивается пружинным замком 1. На металлоконструкции РУ предохранители устанавливают с помощью штампованного цоколя 4.

### 12.13. Разрядники

Электрооборудование, установленное в РУ трансформаторных подстанций, имеет изоляцию, которая выдерживает не только номинальное напряжение установки, но и толчки напряжения, значительно превышающие его. Однако в практике может случиться, что напряжение, подающееся на подстанцию, резко возрастает во много раз. Чаще всего причиной такого опасного режима является атмосферное перенапряжение. При разряде молнии в линию или в землю в непосредственной близости от линии волна перенапряжения, распространяясь по линии, достигает подстанции, вызывает пробой изоляции, а следовательно, и тяжелые повреждения оборудования.

Аппарат, предназначенный для защиты электрооборудования от перенапряжений, называют разрядником. На ЛЭП напряжением до 10 кВ устанавливают трубчатые разрядники, а в РУ напряжением 6 и 10 кВ — вентильные.

Разрядник РВП (разрядник вентильный подстанционный — рис. 12.23) смонтирован в ребристом фарфоровом корпусе 6, в котором размещены вилитовые диски 5. На дисках размещен блок искровых промежутков 4, представляющих собой набор латунных фигурных шайб, изолированных друг от друга миканитовыми прокладками. В верхней части корпуса имеется отверстие для контактного болта 1, уплотненного резиновыми прокладками 2. Нижнее отверстие корпуса закрыто внутренней диафрагмой с болтом 11, присоединяемым к сети заземления. Внутренняя диафрагма удерживается стопорной пружиной 8, а наружная диафрагма 10 удерживает герметизирующее заполнение 9. Надежное электрическое соединение между отдельными элементами разрядника создается сильной пружиной 3. Разрядник устанавливается на конструкции и крепится с помощью стального хомута 7.

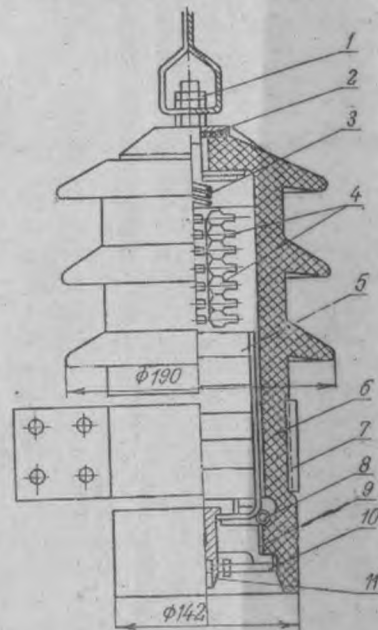


Рис. 12.23. Вентильный разрядник РВП

Вентильный разрядник работает следующим образом. При нормальном напряжении на шинах РУ воздушные зазоры в искровых промежутках не пробиваются и вилитовые диски не находятся под действием разности потенциалов. Особенностью вилита является весьма большое сопротивление при отсутствии на нем напряжения. Таким образом, хотя разрядник включен между токопроводящей частью высокого напряжения и заземлением, цепь его фактически разомкнута благодаря высокому сопротивлению вилитовых дисков. Когда же происходит перенапряжение на шинах РУ, искровые промежутки пробиваются и блок вилитовых дисков оказывается под напряжением. В этих условиях сопротивление вилита резко падает и через разрядник свободно протекает ток в землю до тех пор, пока напряжение на шинах не снизится до номинального значения. После этого сопротивление вилитовых дисков восстанавливается и разрядник вновь надежно изолирует шины РУ от цепи заземления.

### 12.14. Силовые трансформаторы

Силовой трансформатор представляет собой электромагнитный аппарат для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Он является главным элементом всех понизительных трансформаторных подстанций городских и сельских электросетей и промышленных предприятий.

Трехфазный силовой трансформатор типа ТМ с естественным масляным охлаждением (рис. 12. 24) состоит из магнитопровода 7 с размещенными на нем обмотками низшего 8 и высшего 9 напряжений. Выводы обмоток высшего напряжения подключены к стержням проходных изоляторов 3, а выводы обмоток низшего напряжения — к стержням проходных изоляторов 4. Все изоляторы смонтированы на крышке 2, которая крепится к баку 6 болтами и уплотняется прокладкой из маслостойкой резины. На крышке расположены также колпак привода переключателя 1 и расширитель 5. Стальные катки 10 служат для перемещения трансформатора при монтаже и ремонтных работах.

Магнитопровод набирают из изолированных между собой листов электротехнической стали толщиной 0,35...0,5 мм. В качестве межлистовой изоляции чаще всего применяют лаки, дающие после нанесения на металл и запекания прочную пленку с высокими изоляционными свойствами, механически прочную и маслостойкую.

Обмотки трансформаторов обычно имеют цилиндрическую форму. В масляных трансформаторах обмотки выполняются медными или алюминиевыми проводами круглого или прямоугольного

сечения. В качестве изоляции проводов используется несколько слоев телефонной или кабельной бумаги или слои бумаги, обмотанные хлопчатобумажной пряжей.

Переключатель служит для изменения числа витков первичной обмотки и, следовательно, коэффициента трансформации для регулировки в определенных пределах вторичного напряжения трансформатора.

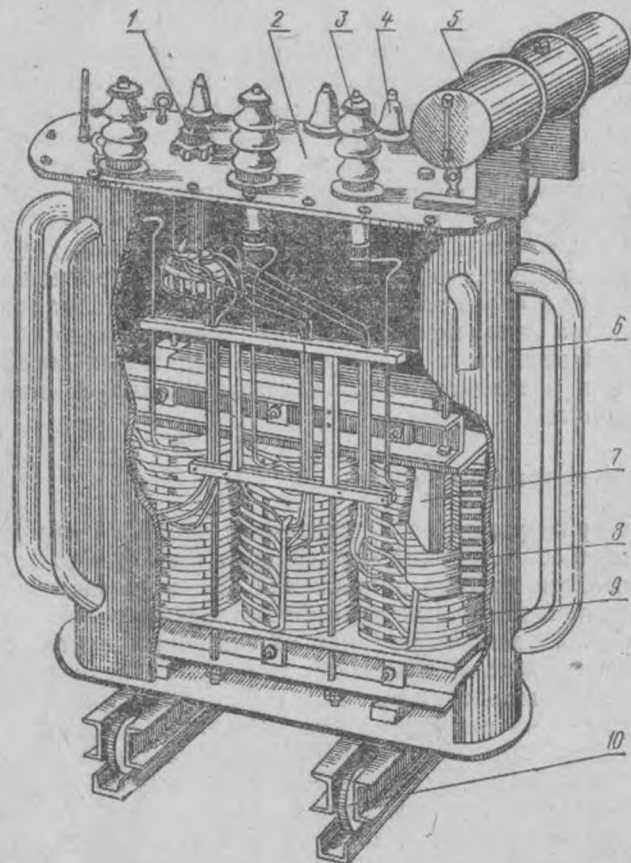


Рис. 12.24. Силовой трансформатор ТМ

сформатора. Так, трансформаторы мощностью до 1000 кВА имеют три ступени регулирования напряжения в пределах  $\pm 5\%$ , трансформаторы мощностью более 1600 кВА — пять ступеней регулирования в тех же пределах. На рис. 12.25 приведена принципиальная схема трехступенчатого переключателя (положение переключателя соответствует номинальному напряжению во вторичной обмотке). Если контактную систему переключателя повернуть на  $120^\circ$  по часовой стрелке, в первичной обмотке число витков уменьшится, а вторичное напряжение повысится на  $5\%$ . При повороте пере-

ключателя в обратную сторону вторичное напряжение уменьшится на ту же величину.

В трансформаторах напряжением 6...10 кВ установлен переключатель ТПСУ (рис. 12.26). Он имеет металлический фланец 7 для крепления к крышке бака 6. Бумажно-бакелитовый цилиндр 4 с неподвижными контактами 1 крепится к фланцу болтами 5. Подвиж-

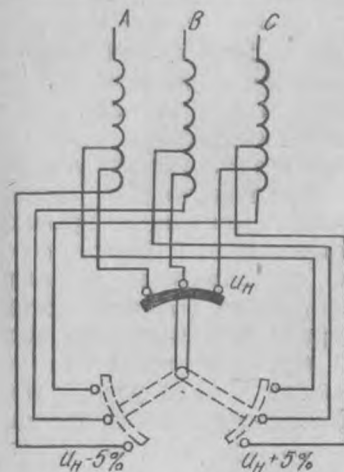


Рис. 12.25. Схема переключателя коэффициента трансформации

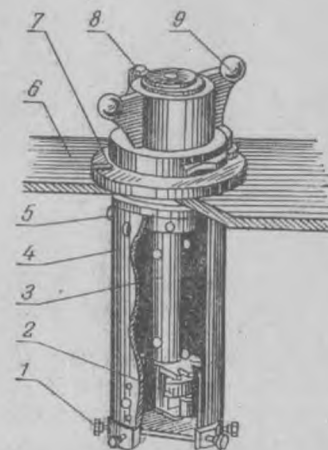


Рис. 12.26. Переключатель ТПСУ

ной сегментный контакт 2 соединен бумажно-бакелитовой трубкой 3 с колпаком привода 9 и поворачивается вместе с ним. Рабочее положение переключателя фиксирует стопорный болт 8, который необходимо отвернуть перед тем, как повернуть переключатель. На фланце переключателя цифрами отмечены все его положения, а на колпаке изображена стрелка, показывающая, в каком положении находится контактная система.

Бак трансформатора служит для размещения в нем магнитопровода с обмотками и изоляционного трансформаторного масла. Трансформаторы малой мощности имеют гладкостенные баки. У трансформаторов мощностью выше 40 кВА к баку приваривают циркуляционные трубы в один или несколько рядов; такие баки называют трубчатыми. Существуют также ребристые баки, в которых большая площадь соприкосновения стенок с окружающим воздухом достигается за счет большого числа вертикальных ребер. Трансформаторы большой мощности оснащают съемными радиаторами. К верхней части бака приварены крюки для подъема трансформатора, а внизу бак имеет болт для заземления и маслосливной кран.

Расширитель (рис. 12.27) представляет собой сварной стальной цилиндр 2, закрепленный на кронштейнах 7 и соединенный с ба-

ком патрубком 6. Уровень масла в расширителе контролируется указателем уровня 1, выполненного либо в виде трубки, вынесенной за пределы бака, либо в виде прозрачной вставки, вмонтированной в днище бака. На указателе нанесены три деления, отмечающие нормальный уровень масла при температурах +35, +15 и -35 °С. В верхней части расширителя имеется маслоналивное отверстие, закрытое резьбовой пробкой 3. При работе трансформатора уровень масла в расширителе постоянно изменяется в зависимости от колебаний температуры. Для свободной циркуляции воздуха установлена дыхательная трубка, нижний торец которой защищен крышкой с отверстием и сеткой. Вместе с воздухом в расширитель, а значит и в масло, могут попасть частицы пыли и грязи, а также пары воды, которые конденсируются на его стенках. Для удаления загрязненного масла и воды расширитель снабжен отстойником 4 с пробкой 5. Температуру масла в трансформаторе контролируют обычным ртутным термометром или термометрическим сигнализатором.

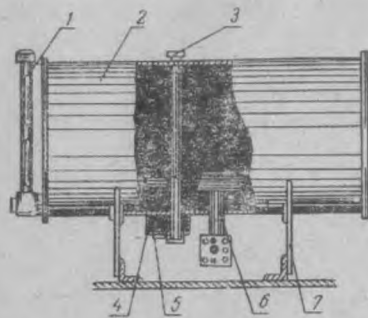


Рис. 12.27. Расширитель силового трансформатора

стенках. Для удаления загрязненного масла и воды расширитель снабжен отстойником 4 с пробкой 5. Температуру масла в трансформаторе контролируют обычным ртутным термометром или термометрическим сигнализатором.

### 12.15. Трансформаторные подстанции

Понижительная трансформаторная подстанция представляет собой кирпичное или железобетонное здание небольших размеров, расположенное в непосредственной близости от потребителей электроэнергии. В зависимости от мощности нагрузки и принятой схемы электроснабжения на ТП могут быть установлены один или несколько трансформаторов.

В схеме понижительной ТП небольшой мощности (рис. 12.28) к сборным шинам напряжением 10 кВ через разъединитель Р1 подключена питающая кабельная линия ПЛ. От этих же шин отходят кабельные линии Л1 и Л2 для передачи электроэнергии высокого напряжения на соседние трансформаторные подстанции. Силовой трансформатор ТМ подключен к сборным шинам напряжением 10 кВ через разъединитель Р4 и предохранители ПК. От обмотки низшего напряжения ТМ отходят три фазы, которые через автоматический выключатель А соединяются с шинами распределительного щита напряжением 380/220 В. Здесь же установлены трансформаторы тока для питания токовых обмоток счетчиков и амперметров. От шин распределительного щита получают питание кабельные линии, подающие электроэнергию потребителям. Число этих линий, а также вид аппаратуры, установленной на них, может быть самым разнообразным в зависимости от принятой схемы электроснабжения.

Теперь рассмотрим, каким образом размещается оборудование в такой трансформаторной подстанции. Ее здание состоит из трех отдельных помещений (рис. 12.29). В помещении I расположено распределительное устройство напряжением 10 кВ, куда проложены трубы 1 для ввода кабелей в ячейки, причем три ячейки предназначены для кабеля ПЛ и двух кабелей, идущих на другие ТП, а четвертая ячейка используется для подключения силового транс-

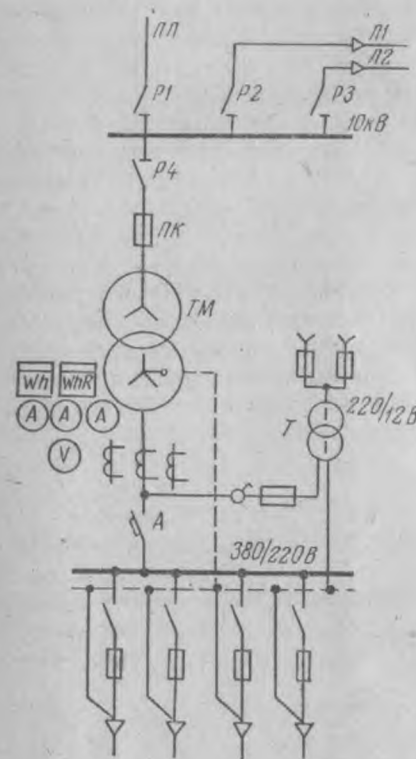


Рис. 12.28. Схема понижительной ТП

форматора. В помещении II — в камере трансформатора, на направляющих полосах 4 установлен силовой трансформатор 3, подключенный к шинам напряжением 10 кВ. От вторичной обмотки трансформатора отходит четырехпроводная линия, подающая напряжение 380/220 В на распределительный щит 2 в помещении III.

В ячейке питающей линии (рис. 12.30, а) закреплена концевая кабельная заделка 1 и установлен шинный разъединитель 2. В трансформаторной камере (рис. 12.30, б) смонтирован шинный разъединитель 4, соединяющий вводы трансформатора со сборными шинами 3, напряжением 10 кВ. Ниже разъединителя расположены предохранители 5. Для прохода шин сквозь стену в ней установлены проходные изоляторы 6.

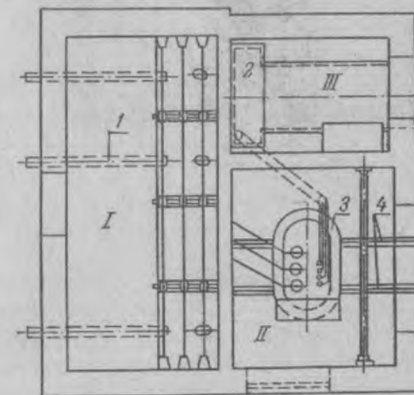


Рис. 12.29. Размещение оборудования на ТП

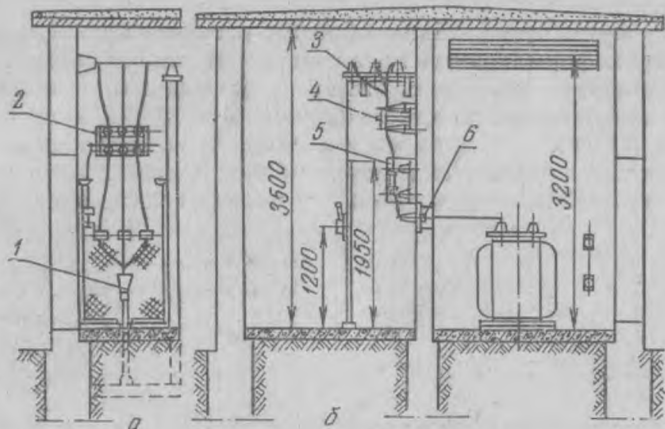


Рис. 12.30. Разрезы трансформаторной подстанции:  
а — по ячейке питающей линии, б — по камере трансформатора

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) используют в качестве понизительных для электроснабжения промышленных и коммунальных потребителей, а также для нужд сельского хозяйства. Их изготавливают на предприятиях электротехнической промышленности и доставляют к месту монтажа отдельными блоками (при небольшой мощности — полностью собранными). Это

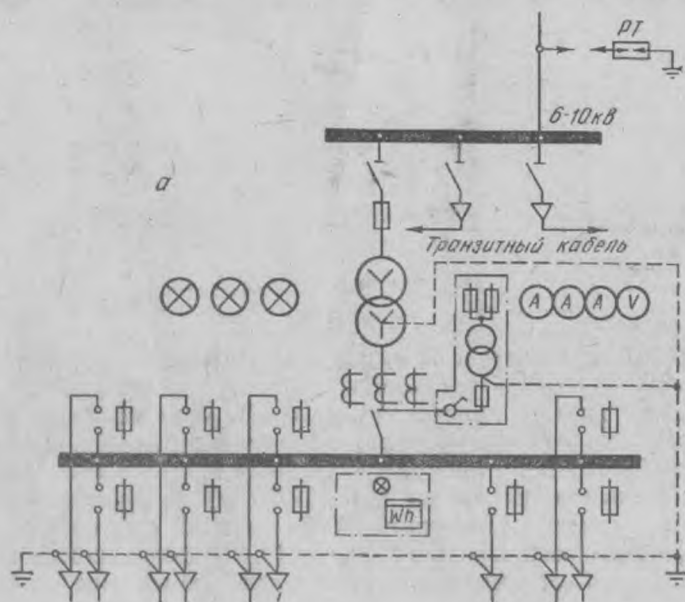


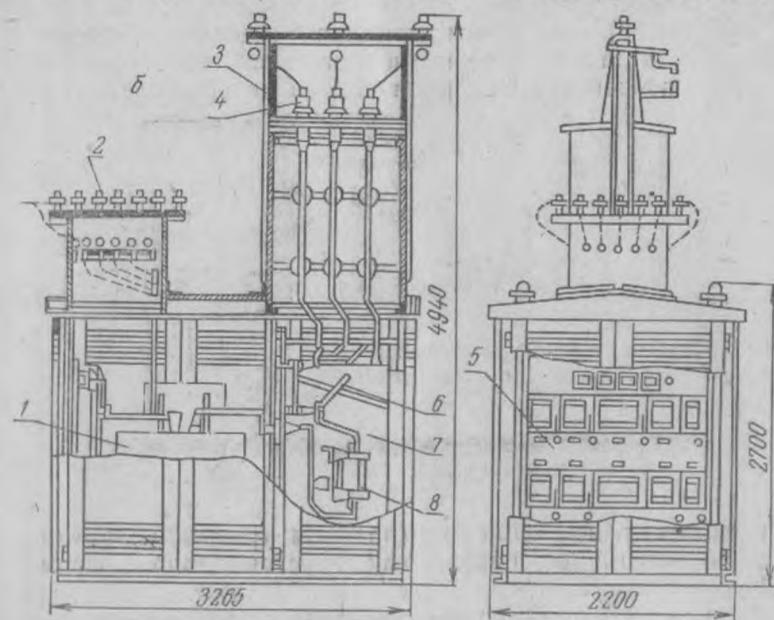
Рис. 12.31. Комплектная трансформаторная  
а — схема,

позволяет значительно сократить сроки монтажа на сооружении подстанции и удешевить работы. По числу трансформаторов КТП могут быть одно-, двух- и трехтрансформаторными, а по виду установки — наружными (КТПН) и внутренними (КТП).

Схема КТПН с одним трансформатором мощностью 250, 400 или 630 кВА и напряжением 10000/380/220 В (рис. 12.31) состоит из отсека высшего напряжения 7 с установленными в нем трехполюсным разъединителем 6 и предохранителями 8. В некоторых типах КТПН в этом отсеке вместо разъединителя установлен выключатель нагрузки. В другом отсеке помещен силовой трансформатор 1. Отсек низшего напряжения 5 имеет РУ напряжения 380/220 В, смонтированное из блоков БПВ вместе с измерительными приборами. Питающая воздушная линия подключается к изоляторам 4, расположенным на вводе высшего напряжения 3, а отходящие воздушные линии напряжением 380/220 В подключаются к изоляторам 2 выходной траверсы.

### 12.16. Монтаж изоляторов

При неправильном хранении и нарушении правил перевозки изоляторы могут получить повреждения, которые в дальнейшем скажутся на надежности работы электроустановки. Поэтому перед монтажом изоляторов нужно произвести их *отбраковку*. При этом тщательно осматривают фарфор (он не должен иметь сколов, металлических вкраплений, мест, не покрытых глазурью, и волосных



подстанция наружной установки:  
б — конструкция

трещин на ней). Места, не покрытые глазурью, и волосяные трещины легко обнаружить, смазав поверхность фарфора керосином: в месте, где имеются повреждения глазури, керосин быстро впитывается в фарфор, трещины и пропуски глазури темнеют. Далее проверяют армировку изолятора (рис. 12.32), прочность крепления колпачков и фланцев и параллельность их плоскостей (допускается непараллельность не более 1 мм), а также совпадение осей колпачка и фланца (несовпадение осей не должно превышать 1 мм).

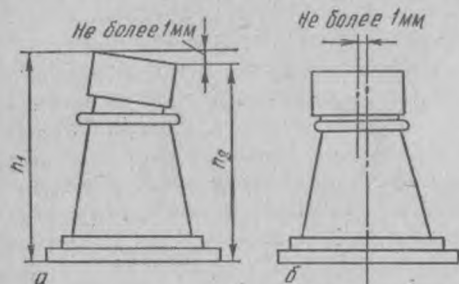


Рис. 12.32. Дефекты армировки изоляторов:

*a* — непараллельность плоскостей колпачка и фланца, *b* — несовпадение осей колпачка и фланца

на металлическом вазелином, что обеспечивает надежность цепи заземления.

При установке опорных изоляторов на кирпичной или бетонной стене (рис. 12.33) их фланцы заземляют отдельными проводниками или шинами, присоединенными к заземляющему контуру. Если стена имеет неровности, при установке изоляторов следует пользо-

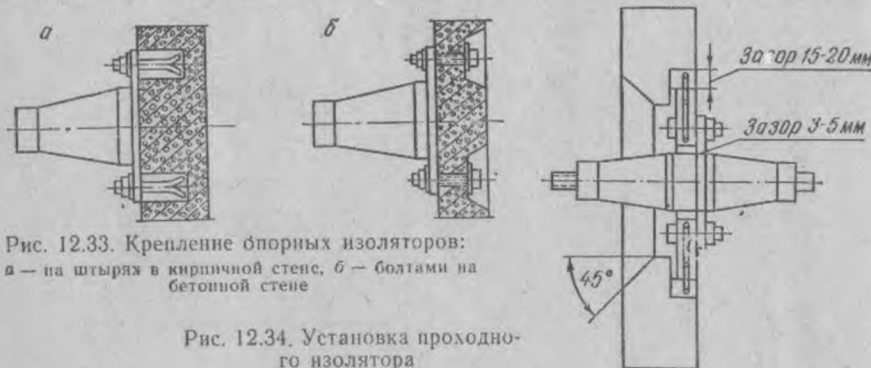


Рис. 12.33. Крепление опорных изоляторов: *a* — на штырях в кирпичной стене, *b* — болтами на бетонной стене

Рис. 12.34. Установка проходного изолятора

ваться стальными прокладками (разность уровней колпачков изоляторов не должна превышать 2 мм). Расстояние между осями разных фаз должно соответствовать данным, указанным в проекте (отклонение от них не должно превышать 5 мм).

Перед установкой проходных изоляторов производят их отбра-

ковку, проверяют надежность крепления токопроводящего стержня и качество резьбы на стержне или крепежном болте. Проходные изоляторы можно устанавливать непосредственно в проемах стен, перегородок и междуэтажных перекрытий в асбоцементных, бетонных или стальных плитах с отверстиями для крепления изоляторов (рис. 12.34). Если при установке обнаружены отклонения от проекта, то под фланцы изоляторов помещают прокладки из листовой стали, а затем окончательно закрепляют изоляторы.

### 12.17. Монтаж разъединителей

Перед монтажом разъединителей тщательно проверяют все основные детали, их взаимодействие и при необходимости ремонтируют их. Большое внимание уделяют проверке контактных поверхностей, которые не должны иметь вмятин, раковин и окислившихся участков. В случае крупных дефектов контакты обрабатывают для придания им чистой и гладкой поверхности. Контакты разъединителя должны замыкаться мягко, плавно и без ударов. Плавности включения и правильности взаимного расположения контактов достигают, перемещая их на опорных изоляторах с последующим надежным закреплением в нужном положении.

После этого проверяют и регулируют угол поворота ножей, который должен соответствовать заводским данным. При этом следует тщательно проверить одновременность включения всех трех

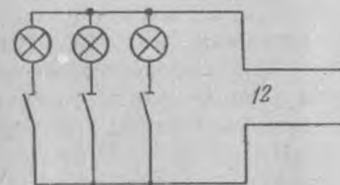
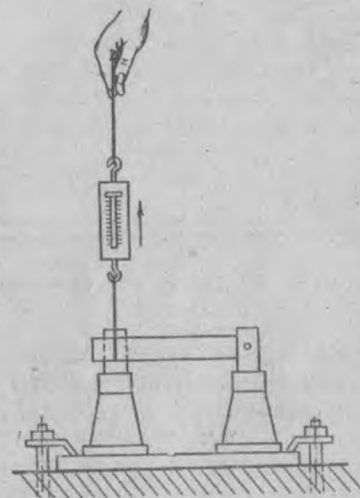


Рис. 12.35. Схема проверки одновременности замыкания контактов разъединителя

Рис. 12.36. Определение давления в контактах разъединителя



фаз трехполюсного разъединителя. Для этого собирают схему (рис. 12.35), подают на нее напряжение 12 В и медленно поворачивают вал разъединителя, пока не загорится одна из лампочек, сигнализирующая о том, что в данной фазе произошло замыкание контактов. Затем вращение вала прекращают и измеряют расстояние между незамкнувшимися контактами двух других фаз:

сно не должно превышать 3 мм. При больших расстояниях необходимо дополнительно отрегулировать контакты.

При ревизии проверяют также давление в контактах, необходимое для их нормальной работы, которое приводится в заводских или справочных данных. Для этого (рис. 12.36) к ножам включенного разъединителя присоединяют динамометр и измеряют усилие,

необходимое для их вытягивания из неподвижных контактов. Плотность прилегания контактов проверяют шупом шириной 10 мм и толщиной 0,05 мм, который должен входить в зазор между контактами не более чем на 5 мм.

Совместно с разъединителем ревизии подвергают привод (проверяют его комплектность и правильное взаимодействие всех подвижных частей).

Способ крепления разъединителя выбирают в зависимости от конструкции РУ. На металлоконструкциях, а также в случаях, когда толщина стен невелика, разъединители крепят болтами, закрепленными на металлическом основании, или сквозными болтами, установленными в стене.

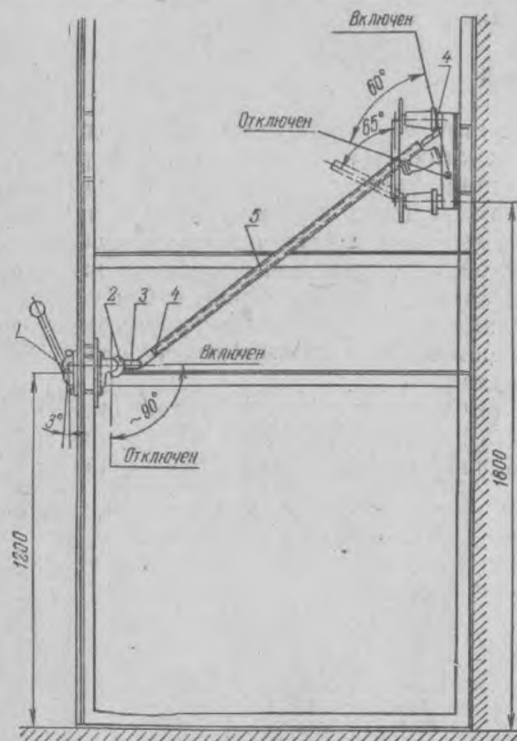


Рис. 12.37. Установка разъединителя и привода

используют крепежные штыри или стальные опорные конструкции. Монтажные работы начинают с разметки мест установки разъединителя и привода. Затем разъединитель поднимают к месту установки, временно закрепляют на нем, проверяют правильность разметки по уровню и отвесу и в случае необходимости корректируют положение аппарата. Когда достигнуто правильное положение разъединителя, окончательно затягивают крепежные болты (рекомендуется затягивать их поочередно и в первую очередь те, которые расположены по диагонали). Для того чтобы не было перекоса рамы разъединителя при затяжке болтов вручную, проверяют, свободно ли поворачивается вал, и если это необходимо, под раму в нужных местах подкладывают стальные прокладки.

Одновременно с разъединителем монтируют привод, устанавливаемый на той же стене ниже разъединителя или на переднем ограждении РУ (рис. 12.37). Разъединитель с приводом 1 соединяют трубчатой тягой 5 (диаметром  $\frac{3}{4}$ "). Для этого разъединитель и привод устанавливают в одинаковое положение (например, «отключено»), на концах тяги закрепляют регулировочные вилки 4 и с их помощью закрепляют тягу на рычагах 3 обоих аппаратов. После этого производят их совместную регулировку. При установке рукоятки привода в положение «включено» угол поворота ножей разъединителя должен соответствовать заводским данным, причем между ножами и упором должен оставаться зазор 3...5 мм. Если угол поворота ножей отличается от заводских данных, то с помощью регулировочных вилок изменяют длину тяги, а при значительных расхождениях используют другое отверстие в секторном рычаге 2 привода. После регулировки производят многократное включение и отключение разъединителя и, если все элементы системы работают нормально, рычаг и вал разъединителя засверливают и закрепляют штифтом диаметром 6 мм.

### 12.18. Монтаж выключателя нагрузки ВМП-16

Перед началом монтажных работ проверяют комплектность выключателя, состояние фарфоровых изоляторов, дугогасительных камер и вкладышей, а также качество контактных поверхностей рабочих и дугогасительных контактов. Ход дугогасительных ножей в камерах должен составлять 160 мм, угол поворота вала и ножей —  $73^\circ$  и  $58^\circ$  соответственно.

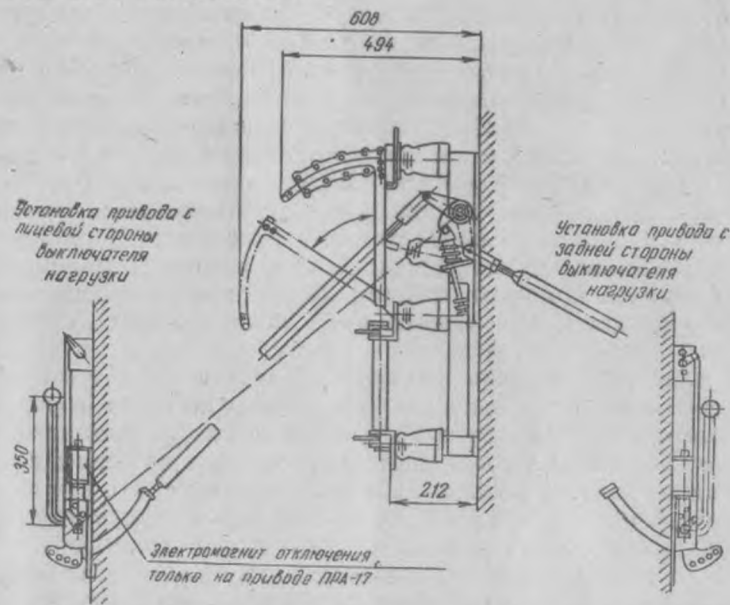


Рис. 12.38. Установка выключателя нагрузки с приводом ПР-17

Если выключатель нагрузки доставлен к месту монтажа в разобранном виде, к его раме привинчивают добавочный каркас для установки предохранителей (места прилегания каркаса к раме очищают от краски и смазывают вазелином для получения надежной электрической цепи заземления).

Способы крепления выключателей нагрузки и приводов не отличаются от крепления разъединителей. После разметки и установки крепежных деталей выключатель и привод временно закрепляют, проверяют правильность установки и окончательно затягивают крепежные болты.

У правильно установленного выключателя нагрузки дугогасительные контакты точно входят в щели дугогасительных камер, подвижная система легко поворачивается от руки и соблюдаются все углы поворота, установленные при ревизии.

Привод к выключателю нагрузки может быть установлен как с лицевой стороны, так и с задней (рис. 12.38). В обоих случаях для сочленения привода и выключателя используют тяги и регулировочные вилки, а регулировку производят так же, как регулировку разъединителей.

После окончания всех монтажных работ для проверки совместной работы выключателя нагрузки и привода делают 20...25 включений и отключений (если привод снабжен катушкой автоматического отключения, часть отключений выполняют дистанционно).

### 12.19. Монтаж масляного выключателя ВМП-10

Доставленный к месту монтажа выключатель осматривают, проверяют его комплектность, устраняют мелкие дефекты и удаляют смазку с контактных поверхностей. Контактные зажимы для подключения токопроводящих шин выполнены из алюминиевого сплава и имеют специальное антикоррозионное покрытие, поэтому их очищают от смазки бензином или спиртом (без применения напильников и наждачной бумаги). Далее от рамы отделяют полюса, снимают с них нижние крышки и проверяют состояние розеточных контактов и дугогасительных камер выключателя. При необходимости отдельные детали неподвижного контакта зачищают, ремонтируют или заменяют новыми. Проверяют легкость хода механизмов полюсов, для чего от руки поворачивают их наружные рычаги.

Монтаж выключателя начинают с закрепления его рамы на предварительно установленных крепежных деталях и последующей выверки ее положения по уровню и отвесу. Для того чтобы не было перекосов, отсоединяют отключающие пружины и во время затяжки болтов периодически проворачивают вал выключателя для контроля правильности закрепления рамы. После этого подвешивают полюса, заливают их чистым сухим трансформаторным маслом до уровня (в пределах между двумя рисками на маслоуказателе) и приступают к регулировке подвижной системы. В каждую фазу выключателя включают лампочку напряжением 12...42 В для

определения одновременности замыкания контактов. Затем снимают верхние крышки полюсов и в торец подвижного контакта вворачивают контрольный стержень.

Для регулировки подвижной системы (рис. 12.39) вал выключателя устанавливают в отключенное положение с помощью заранее заготовленного шаблона. При этом положение вала должно фиксироваться масляным буфером, а натяг отключающих пружин должен соответствовать заводскому значению (около 40 мм). В этом

положении на контрольных стержнях делают отметку «отключено» и вторую отметку, соответствующую тому положению подвижной системы, когда она не доходит до положения «отключено» на 5 мм. Недоход стержней в крайние положения нужен для того, чтобы рычаги системы включения полюса имели небольшой излом и не становились в мертвое положение. Затем подвижные системы включают вручную и снова делают отметки на контрольных стержнях. После этого присоединяют изоляционные тяги к валу выключателя и регулируют их длину таким образом, чтобы во включенном и отключенном положении контрольными рисками служили отметки недохода на 5 мм. Одновременно с помощью ламп проверяют совпа-

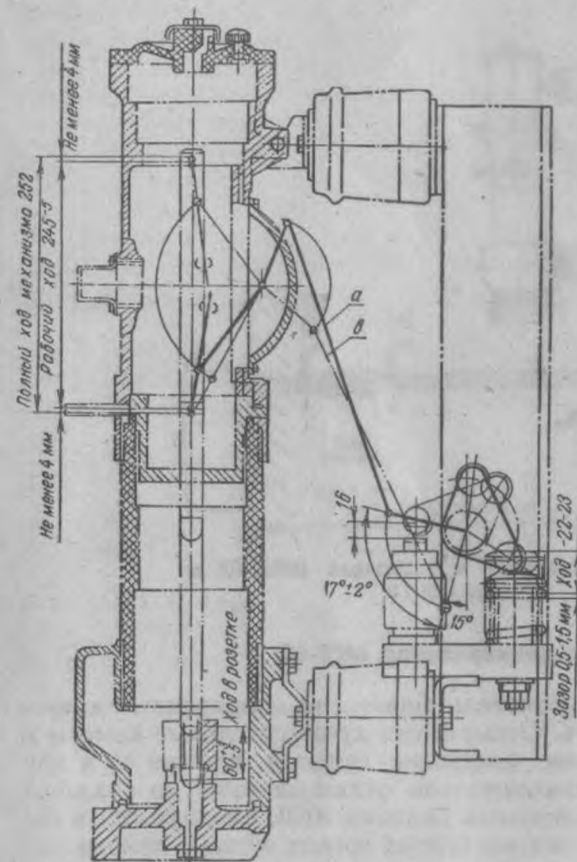


Рис. 12.39. Регулировка контактов выключателя ВМП-10:

а — расположение звеньев во включенном положении,  
б — то же в положении «отключено»

дение моментов замыкания контактов всех трех фаз. Если разновременность превышает 5 мм, то изменением длины тяги опережающего или запаздывающего полюса увеличивают или уменьшают зазор между контактами. После регулировки вал выключателя соединяют с приводом (рис. 12.40). При использовании электромагнитного привода ПЭ-11 в качестве тяги применяют

трубу диаметром 30 мм, соединенную с валом привода посредством втулки. Такой способ соединения требует установки дополнительного подшипника, в котором закрепляют второй конец тяги.

Рабочий ход подвижного контакта, ход в розеточном контакте, угол поворота вала и другие параметры, определяющие правильную регулировку выключателя и привода, указаны в заводских и монтажных инструкциях.

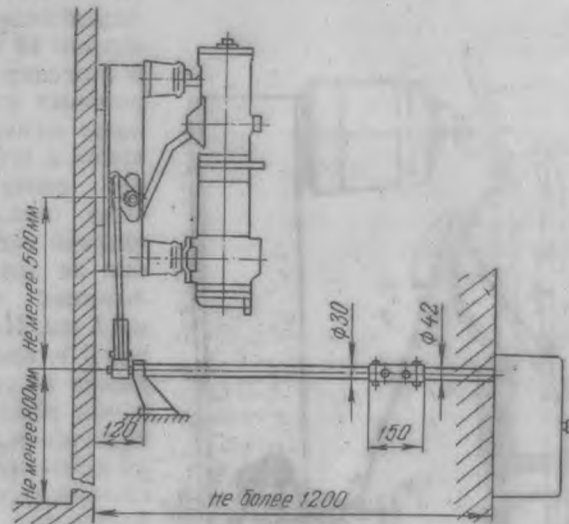


Рис. 12.40. Установка выключателя ВМП-10 и привода ПЭ-11

### 12.20. Монтаж масляного выключателя МГГ-10

Перед монтажом выключатель тщательно осматривают и проверяют его комплектность. Отсыревшие дугогасительные камеры и изоляционные бакелитовые цилиндры сушат в течение 48 ч при температуре 80...90 °С. Выключатель устанавливают на стальной раме или закрепляют анкерными болтами М20, вмозаннными в бетонный фундамент; на таких же болтах крепят привод, причем рычаги выключателя и привода должны располагаться в одной плоскости.

При установке выключателя снимают его траверсу, вынимают дугогасительные стержни и разбирают дугогасительные цилиндры (рис. 12.41), для чего снимают крышки с проходными изоляторами, затем последовательно вынимают верхний бакелитовый цилиндр 1, дугогасительную камеру 2 и нижний бакелитовый цилиндр 3. С помощью переносного светильника осматривают розеточный контакт 4 и при необходимости отворачивают его специальным торцовым ключом. После очистки и сборки контакта проверяют, не засорились ли каналы указателей уровня масла и шарикового кла-

пана, для чего в цилиндры наливают чистое и сухое трансформаторное масло и контролируют его уровень. Все детали дугогасительных камер вытирают насухо и приступают к их сборке, после чего определяют, свободно ли входит подвижной дугогасительный контакт в цилиндр. Для этого контакт вытягивают примерно на 500 мм и отпускают (он должен под действием собственной массы войти в розеточный контакт примерно на 100 мм).

Цилиндры выключателя закрепляют винтами и перед окончательной затяжкой по отвесу проверяют вертикальность положения цилиндров. Расстояние между осями цилиндров одной фазы должно составлять 370 мм, а между осями цилиндров соседних фаз — 300 мм. Затем собирают подвижную систему и перед регулировкой заливают выключатель маслом. У правильно отрегулированного выключателя ход контактной системы должен составлять 290...300 мм, подвижные контакты должны входить в розеточные на 90...95 мм.

### 12.21. Монтаж трансформаторов тока

Перед установкой осматривают трансформатор тока для выявления повреждений металлических деталей и фарфоровых изоляторов, контактных поверхностей и резьбовых крепежных деталей.

Ревизия трансформаторов тока включает в себя целый ряд электрических испытаний: проверку целостности вторичных обмоток; измерение сопротивления изоляции первичной обмотки относительно корпуса; проверку правильности маркировки выводов первичной и вторичной обмоток.

Все эти испытания проводит специальная бригада наладчиков,

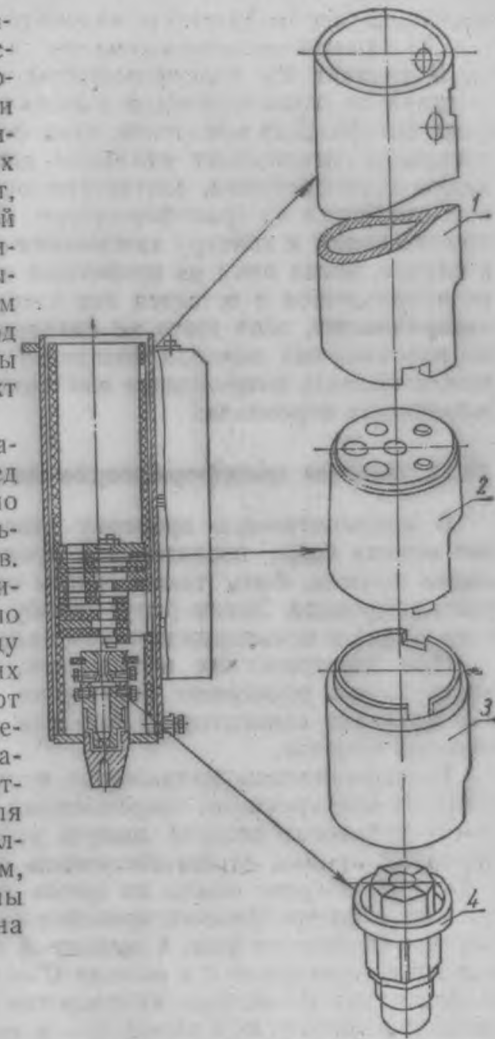


Рис. 12.41. Детали цилиндра выключателя МГГ-10



имеющих необходимые приборы и соответствующие инструкции, в МЭЗ или непосредственно на монтажном объекте.

В ячейках РУ трансформаторы тока устанавливают на конструкциях из угловой стали, а в ячейках КРУ — на металлоконструкциях шкафа. Для крепления трансформатора тока в стене или перегородке используют стальные или железобетонные проходные плиты с отверстиями, соответствующими расположению крепежных отверстий на трансформаторе. После этого корпус аппарата присоединяют к контуру заземления электроустановки. Кроме того, в случае, когда одна из вторичных обмоток трансформатора тока не используется и остается без нагрузки, ее выводы обязательно закорачивают, если этого не сделать, при работе трансформатора на разомкнутых выводах возникнет высокое напряжение, которое может вызвать повреждение изоляции обмоток и поражение обслуживающего персонала.

### 12.22. Монтаж трансформаторов напряжения

В предмонтажную проверку трансформатора напряжения входит осмотр бака, изоляторов и проверка уровня масла. Уровень масла должен быть таким, чтобы оно покрывало верхний торец магнитопровода. Затем берут пробу масла для лабораторных исследований и испытания высоким напряжением.

При электрических испытаниях, проводимых по специальным инструкциям, проверяют отсутствие обрыва обмоток, сопротивление изоляции относительно корпуса и правильность маркировки выводов обмоток.

Трансформаторы напряжения в ячейках РУ устанавливают на опорных конструкциях, закрепленных на полу или на стене ячейки. После установки следует вынуть уплотняющую прокладку из-под наливной пробки, чтобы обеспечить свободный проход воздуха из бака при нагреве масла во время работы трансформатора. При подключении трехфазных трансформаторов следует соблюдать порядок чередования фаз: к выводу А подключить желтую шину, к выводу В — зеленую и к выводу С — красную. При монтаже однофазного трансформатора напряжения вывод А может быть присоединен к любой фазе, а вывод Х — к заземляющей шине. Очень часто в трехфазной электроустановке монтируют три однофазных трансформатора напряжения. В этом случае их выводы А присоединяют к соответствующим шинам, а выводы Х соединяют между собой и заземляют; корпус каждого трансформатора заземляют отдельной шиной.

После монтажа трансформатора напряжения выводы его первичных обмоток временно (до окончания монтажных работ) закорачивают, а провода вторичных цепей отсоединяют от выводов вторичных обмоток. Эта мера безопасности связана с тем, что, если случайно на вторичную обмотку будет подано даже сравнительно низкое напряжение, на шинах монтируемой установки появится опасное для жизни людей напряжение.

### 12.23. Монтаж высоковольтных предохранителей

Предмонтажная отбраковка предохранителей включает проверку состояния фарфоровых трубок самого предохранителя и фарфора опорных изоляторов, на которых он установлен. Проверяют плотность засыпки патрона кварцевым песком (патрон встряхивают, и если не слышно, как внутри пересыпается песок, заполнение считается правильным). У предохранителей ПК проверяют исправность указателя срабатывания (если он исправен, то при нажатии он легко и без заеданий немного утапливается в корпус, а затем занимает прежнее положение). Целость плавкой вставки устанавливают мегомметром. Осматривают также губки держателей, которые должны хорошо пружинить, иметь чистые контактные поверхности и прочно держаться на опорных изоляторах.

Перед монтажом предохранителей размечают места их установки (расстояние между фазами берется согласно проекту). Предохранители устанавливают непосредственно на кирпичных или железобетонных стенах ячеек РУ или же на различных металлоконструкциях. До окончательного закрепления предохранителей следует тщательно проверить вертикальность их установки, а также добиться того, чтобы плоскости верхнего и нижнего контактных выводов находились на одной вертикальной линии (иначе между губками держателей и контактными колпачками предохранителя будет плохой контакт). Предохранители ПК устанавливают в держателях указателями срабатывания книзу.

### 12.24. Монтаж вентильных разрядников

При ревизии вентильного разрядника осматривают фарфоровый корпус, проверяют комплектность и плотность прокладок, плотность сборки внутренних деталей (аппарат слегка встряхивают и покачивают, если слышен шум смещающихся деталей, его перебирают). После ревизии контактные поверхности разрядника зачищают стальной щеткой и смазывают вазелином.

В ячейках РУ разрядники чаще всего крепят с помощью хомутобразных скоб из стальной полосы размером 60×6 мм. В некоторых случаях разрядники подвешивают непосредственно к токопроводящей части за серьгу, а для того чтобы они не раскачивались, из стальной полосы размером 30×3 мм делают хомут, выполняющий роль дополнительного крепления. После установки к каждому разряднику присоединяют заземляющую шину из стальной полосы размером 40×4 мм. Разрядники следует устанавливать с таким расчетом, чтобы заземляющие шины были как можно короче.

### 12.25. Монтаж силовых трансформаторов

Силовые трансформаторы имеют значительные габариты и большую массу, достигающую иногда до сотен килоньютонов (десятков тонн), поэтому транспортировку и погрузочно-разгрузочные

работы ведут с соблюдением ряда правил, позволяющих обеспечить целостность деталей и герметичность аппарата.

Перевозят трансформаторы на автомобилях, автотрейлерах, железнодорожных платформах или специальных санях. Перемещать трансформаторы волоком или на стальных листах не разрешается. Разгрузку чаще всего производят подъемными кранами разной конструкции. Стропы крана закрепляют на крюках бака (у трансформаторов малой мощности — на подъемных кольцах крышки бака). В тех местах, где стропы соприкасаются с острыми кромками трансформатора, укладывают деревянные прокладки. После строповки выполняют пробный подъем на высоту 200...300 мм, убеждаются в правильности выполнения строповки (стропы не задевают за расширитель, изоляторы и т. д.). Если не обнаружено никаких отклонений, разгрузка может быть продолжена.

Как правило, трансформаторы для ТП поступают к месту монтажа загерметизированными и полностью готовыми к установке, поэтому если при транспортировке и разгрузке не было никаких повреждений аппарата, его устанавливают и вводят в эксплуатацию без ревизии. Перед монтажом изоляцию трансформатора испытывают. Все испытания изоляции обмоток и трансформаторного масла, а также осмотр трансформатора производят в соответствии со специальными инструкциями.

Если результат испытаний и проверок соответствуют нормам, приступают к монтажным работам. Трансформаторы устанавливают на фундамент или в камере подстанции и закрепляют упорами. Газы, образующиеся в масле при нагреве аппарата, должны беспрепятственно выходить в расширитель, не скапливаясь под крышкой бака, поэтому часть трансформатора, над которой расположен расширитель, приподнимают с помощью стальных прокладок толщиной 10 мм и длиной не менее 150 мм.

#### 12.26. Монтаж комплектных распределительных устройств

Монтаж комплектных РУ начинают после окончания всех строительных и отделочных работ (за исключением чистовой отделки полов). Шкафы КРУ монтируют на стальных закладных основаниях из угловой стали или швеллеров, которые подготавливаются строителями по чертежам проекта. Перед установкой шкафов проверяют горизонтальность закладного основания и параллельность их элементов. (Неточность положения деталей основания не должна превышать 5 мм, а несущие поверхности швеллеров должны быть установлены на 5 мм ниже уровня чистого пола.) Детали закладного основания соединяют сваркой (для создания непрерывной цепи заземления) и присоединяют к заземляющему контуру стальной полосой размером 40×4 мм не менее чем в двух местах. Все обнаруженные дефекты и неточности установки закладного основания выравнивают стальными прокладками, приваривая их к основанию.

Шкафы КРУ доставляют к месту монтажа в упакованном виде. Погрузку и выгрузку их отдельных элементов производят крана-

ми только в вертикальном положении. Перед установкой шкафы распаковывают, осматривают и проверяют комплектность всех элементов оборудования, приборов согласно комплектной ведомости завода-изготовителя. Проверяют также все элементы КРУ, доставляемые к месту монтажа отдельно (шины, измерительные приборы, реле и т. д.).

Монтаж шкафов начинают с крайнего шкафа, который тщательно выверяют по отвесу и уровню, временно закрепляют (чтобы он не качался на основании). Затем рядом устанавливают поочередно соседние шкафы, выверяют их и соединяют болтами М12, вставленными в стыковочные отверстия шкафов, расположенных рядом (сначала затягивают нижние болты, затем — верхние).

После установки всех шкафов вдоль их фасадной стороны натягивают шнур и проверяют правильность проведенной операции; если отдельные шкафы установлены недостаточно точно, их немного перемещают за нижние рамы. После выверки каждый шкаф или камеру КСО приваривают в четырех углах к основанию (длина сварного шва должна быть не менее 60...70 мм).

Монтаж электрооборудования КРУ начинают с ошиновки. Для этого в шкафах снимают крышки с отсеков сборных шин и соединяют последние болтами или сжимами. Перед соединением контактные поверхности шин промывают бензином и смазывают тонким слоем вазелина (зачищать шины напильниками запрещается, так как при этом могут быть повреждены специальные покрытия из сплава цинка и олова, имеющиеся на контактных поверхностях).

После монтажа шин устанавливают измерительные приборы, реле и аппараты, доставленные отдельно от шкафа или камеры, и присоединяют их в соответствии со схемами.

По окончании монтажных работ производят ревизию электрооборудования, очищают все элементы от пыли, тщательно осматривают и подтягивают болтовые соединения. Масляные выключатели заливают трансформаторным маслом (опробуют и регулируют их совместно с приводами).

#### 12.27. Техника безопасности при монтаже подстанции

##### А. Монтаж закрытых РУ

Помещения закрытых РУ освобождают от опалубки, строительных лесов и очищают от строительного мусора. Все кабельные каналы содержат в чистоте.

Перемещение, подъем и установку разъединителей, выключателей и других подобных аппаратов, не имеющих возвратных пружин, производят в положении «включено».

Поступившие на монтаж во включенном положении выключатели и приводы с возвратными пружинами или механизмами свободного расцепления перед монтажом осторожно отключают.

Перед установкой фланцев, болтов, шпилек и т. п. с них следует удалить заусенцы.

Поднятые для монтажа элементы аппаратуры и оборудования (изоляторы, разъединители и т. д.) немедленно закрепляют на своих местах. Использовать для этой цели временные проволочные подвески и болты недостаточной прочности запрещается.

При монтаже однополюсных разъединителей принимают меры против самопроизвольного отключения ножей.

При дистанционном опробовании аппаратов с приводами, установленными в других помещениях, следует оградить подвижные части аппаратов или выставить наблюдающих на время опробования.

Напряжение для проверки одновременности замыкания контактов масляного выключателя должно быть не выше 12 В.

При установке и регулировке на щите аппаратов, имеющих движущиеся части сзади панели, необходимо обеспечить безопасность работающих сзади щита.

При опробовании и регулировке электромагнитных и моторных приводов рукоятки ручного управления снимаются.

При проверке вторичных цепей под напряжением в сырых или неотапливаемых помещениях работники должны иметь диэлектрические защитные средства.

Подавать напряжение для опробования реле, автоматов, выключателей и приборов можно только по указанию мастера или прораба.

#### Запрещается:

во время монтажа загромождать проходы материалами, неиспользуемым оборудованием и механизмами;

снимать поддерживающие детали закрепленных цементным раствором конструкций до полного затвердения раствора;

перемещать, поднимать и устанавливать камеры, шкафы и щиты без принятия мер, предупреждающих их опрокидывание (оттяжка, строповка выше центра тяжести и т. п.);

освобождать подъемные механизмы (краны, тали, домкраты) до окончательной установки прокладок и болтового крепления оборудования;

оставлять инструмент и незакрепленные детали на каркасах щитов и ячеек;

проверять руками зазоры механизма привода;

одновременно проводить и регулировать разъединители и выключатели, даже если они расположены в одной камере.

#### Б. Монтаж силовых трансформаторов

К началу работ по монтажу трансформатора должны быть выполнены все строительные работы по фундаменту, убран строительный мусор, на время монтажных работ закрыта настилем масло-сборная яма, приготовлены и расставлены средства пожаротушения (пенные огнетушители — 10...16 шт. на один трансформатор, просушенный и просеянный песок).

Угол отклонения подъемного стропа при подъеме трансформатора не должен превышать  $30^\circ$  по отношению к вертикали.

Удалить остатки масла из бака или очищать его внутреннюю поверхность разрешается только при вынутом и отведенном в сторону сердечнике. Лестницы, установленные снаружи и внутри трансформатора, должны быть надежно закреплены.

Работать под поднятой крышкой бака можно только при условии, если между крышкой и баком установлены предохранительные прокладки.

При измерении сопротивления изоляции мегомметром необходимо принять меры, исключающие возможность прикосновения людей к обмоткам.

#### Запрещается:

производить работы и находиться на трансформаторе во время перемещения его;

при работе внутри бака использовать для переносного освещения напряжения выше 12 В;

использовать для промывки бака бензин;

совмещать монтажные работы на трансформаторе с работами по его испытанию.

? 1. Какую роль выполняют трансформаторные подстанции в схеме электроснабжения потребителей? 2. Почему в марке проходного изолятора указывается его номинальный ток, а в марке опорного изолятора — нет? 3. С какой целью в марке опорного изолятора указывается его разрушающая нагрузка? 4. Что означает выражение «видимый разрыв цепи» и с какой целью этот разрыв создают? 5. Почему разъединители не имеют дугогасящих устройств? 6. Почему в выключателях высокого напряжения электрическую дугу между размыкающимися контактами погасить значительно труднее, чем в выключателях напряжением до 1000 В? 7. Какие трансформаторы называют измерительными? 8. С какой целью в паспорте измерительного трансформатора указывают его класс точности? 9. Как определить расход электроэнергии по счетчику, включенному в сеть через трансформаторы тока и напряжения? 10. В чем заключается вентильный принцип разрядника РВП? 11. Какими свойствами должно обладать чистое сухое изоляционное масло? 12. Какова роль изоляционного масла в силовых и измерительных трансформаторах? 13. Почему высоковольтные предохранители устанавливают указателями срабатывания книзу?

А

Автоматы — см. выключатели автоматические  
 Аппараты пуско-регулирующие 47  
 — — их монтаж 194—195

Б

Барабаноподъемник 123  
 Беличья клетка 170  
 Блок БПВ 43, 44  
 Бригада специализированная 16

В

Ввод воздушный 257—259  
 — — в здании 258  
 — — его монтаж 258—259  
 — — через крышу 259  
 Вибромолот ВМ-2 217  
 Возгораемость 167  
 Воронки фарфоровые 60  
 Втулки фарфоровые 60  
 Выключатели 35, 57, 73, 74, 92, 95  
 — автоматические 44—45  
 — их установка 76  
 — пакетные 175—176  
 — силовые 266—277  
 — — нагрузки 273—275  
 — — — ВВП-16, их монтаж 297—298  
 — — масляные 266—273  
 — — — их монтаж 298—301  
 Выпрямитель роликовый 77

Г

Гильзы ГА 104  
 — ГАО 102, 103

\* Составила редактор.

— ГМ 105

Генератор синхронный 5  
 «Глубокий ввод» 188, 189

Д

Допускающий 165  
 Дюбель-гвозди 61, 62, 75  
 — для строительно-монтажного пистолета 61  
 — капроновый 61  
 — с распорной гайкой 61

З

Заделка концевая сухая 138—140  
 — — в резиновой перчатке 139, 140  
 — — эпоксидная 140—141, 142  
 Зажим болтовой плащечный 254, 255  
 — монтажный клиновой 248  
 Заземление в кабельных сетях 231—232  
 — воздушных линий 256—257  
 — защитное 214  
 — электроустановок осветительных 228—231  
 — — силовых 228  
 Заземлители 215—218  
 — естественные 216, 218  
 — искусственные 216, 218  
 Звено рабочих 16  
 Знак электрический 151

И

Изоляторы, их армировка 71, 72, 85  
 — используемые в РУ 264—266  
 — — — аппаратные 266  
 — — — опорные 264, 265, 295

— — — проходные 265, 266, 295  
 — линейные 237  
 — опорные 208  
 — троллейбусные 208  
 — фарфоровые ТФ и РФО 59  
 Искусственное дыхание 153, 154, 155

К

Кабели 37, 119—149  
 — их ввод в здание 126  
 — их монтаж 75—76  
 — их прозвонка 143—144  
 — их прокладка при низких температурах 126—128  
 — — — в блоках 129—131  
 — — — в производственных помещениях 131—132  
 — их проход через перекрытие 75, 76  
 — — — — стену 75  
 — их техническая характеристика 42  
 — их фазирование 144—145  
 Каналы кабельные 131, 132  
 Капы 120  
 Клеи полимерные 74  
 Клещи гибочные КТ-2 77, 78  
 — гидравлические монтажные ГКМ 103  
 — для термитной сварки проводов 250  
 — изолирующие 156, 157, 159  
 — КУ-1 74, 75  
 — прессовочные 102, 103, 113  
 — токоизмерительные 156, 157, 159  
 Ключи 85, 208  
 Колпачки полиэтиленовые изолирующие 60  
 Колодцы 129, 147  
 Колодки пиротехнические 70  
 Компенсаторы шинные 209  
 Комплексная механизация строительства 16  
 — бригада 17  
 Кондуктор для сборки троллеев в блоки 110, 111  
 Конструкции для крепления кабеля к стенам 131

— опорные для шинопроводов 205, 206  
 — потолочные кабельные 131, 132  
 — сборные железобетонные 18  
 Контакт электромагнитный 177—180  
 Контроллер кулачковый 185, 186, 187, 188  
 — магнитный 188  
 Короба стальные 83, 84  
 Коробки 60—61  
 — ответвительные 74, 75, 76, 86, 87, 92, 95  
 — — их установка 76—77  
 — — специальные 76, 80  
 — соединительные 86, 92, 95  
 Короткое замыкание 37, 44, 144  
 Коуш 85, 87  
 Кронштейны для троллейных магистралей 209, 210  
 Крюки 62  
 Кулачковый элемент 185, 186

Л

Лампы люминесцентные 25—27  
 — — их маркировка 25  
 — — схемы их включения 47—50  
 — накаливания 23, 24—25  
 — — вакуумные 24  
 — — газонаполненные 24  
 — — галогенные 24  
 — — их маркировка 24  
 — — схемы их включения 45—47  
 — — их технические характеристики 24  
 — — ксеноновые 24, 25  
 — — нормальные 24  
 — — специальные 24  
 Лента изоляционная прорезиненная 60  
 — смоляная черная 60  
 — поливинилхлоридная липкая ПВХЛ 60  
 Лестницы 14  
 Лотки, их виды 81, 82

**М**

- Магистральи троллейные открытые 209—212
- Масса пропарочная 135, 136
- Массаж сердца непрямой 154
- Материалы строительные 167—168
- Метод бригадного подряда 17
- строительства параллельный 15
- — последовательный 15
- — поточный 15
- Механизм МВБ 70
- Муфты концевые кабельные наружной установки 141—142
- соединительные 124, 196, 197
- — свинцовые, их монтаж 136—137
- — чугунные, их монтаж 134—136
- — эпоксидные, их монтаж 137—138
- натяжные 86
- резьбовые 79, 80, 81

**Н**

- Наблюдающий 166
- Наконечники 113
- их опрессовка 113
- их пайка 114, 115
- Напряжение генераторное 9, 10
- линейное 21
- номинальное 9
- прикосновения 232, 233
- фазное 21
- шаговое 232, 233

**О**

- Обозначения условные на планах электропроводок 63—67
- — на электрических схемах 66—68
- Ожог тепловой 155
- электрический 151
- Оконцевание заземляющего ответвления 227
- проводов и кабелей 112—115

**Опоры 13**

- воздушных линий, их разновидности 233—235
- — — их конструкция 235—237
- — — их сборка 243—245
- — — их установка 246—247
- Освещение 21—23
- аварийное 23
- — для продолжения работы 23
- — для эвакуации людей 23
- комбинированное 22
- местное 22
- общее 22
- рабочее 23
- Освещенность 21, 22, 23
- Ответственный руководитель 165

**П**

- Пайка алюминиевых проводов малых сечений 111
- медных жил сечением до 10 мм<sup>2</sup> 110—111
- — проводов сечением 16...240 мм<sup>2</sup> 111
- многопроволочных алюминиевых проводов 111—112
- проводов больших сечений 111
- Патроны резьбовые 27
- термитные 108, 109, 110, 114
- Перегородки 14
- Переключатель 35, 46, 47
- пакетный ПК, ПВМ 177
- ТПСУ 289
- Перекрытия 13
- Перенапряжения 256
- Пересечения кабельных трасс 125
- Перфораторы 70
- Перчатки биологические 148
- резиновые диэлектрические 157, 159
- Пистолет строительно-монтажный 70, 71
- Плавкая вставка 37, 43
- Плакаты по технике безопасности 160, 161—162
- Подставка изолирующая 157, 159
- Подстанции трансформаторные 290—293

- — комплектные 264, 292—293
- — понизительные 290—291
- Полоски монтажные 62, 75, 85
- Помещения без повышенной опасности 9, 23, 90
- влажные 8, 28, 29, 33, 59, 72, 92, 93, 113
- взрывоопасные 8, 59
- жаркие 8, 28, 29, 30, 59, 72, 76, 92
- особо опасные 9, 23, 90, 91, 231
- особо сырые 8, 29, 30, 59, 60, 72, 76, 80, 93, 224, 232
- пожароопасные 8, 30, 33, 34, 72, 76, 96
- пыльные 8, 30, 33, 34, 59, 72, 76, 80, 92, 93
- с повышенной опасностью 9, 23, 90, 91, 231
- с химически активной средой 8, 29, 30, 33, 43, 59, 80, 224
- сухие 8, 28, 29, 31, 32, 33, 56, 59, 72, 73, 76, 92, 93
- сырые 8, 28—30, 33, 34, 35, 59, 60, 72, 73, 76, 80, 93, 224
- Пояс предохранительный, его испытание 88
- Предохранители 37, 43, 44, 57
- высоковольтные ПК 285
- — ПКТ 286
- — их монтаж 303
- Пресс гидравлический РГП-7М 104
- механический РМП-7М 104
- электрогидравлический ПГЭП-2 105
- Прибор МС-08 221
- Привод к разъединителям ПР-2 280
- — — ПР-3 281
- ПЭ-11 275, 276, 299, 300
- ПЭ-2 276
- ПР-17 276—277, 297
- ПРА-17 277
- Приспособление ПВЭ 216, 217
- ПЗД-12 216, 217
- Провод линейный 21
- нулевой 21
- его крепление на изоляторе 72
- Провода 35—37
- воздушных линий 238
- — — их крепление 253—256

- — — их натягивание 252—253
- их ответвления в коробке 74
- их прозвонка 95—98
- установочные 36—37
- — их марки 38—39
- — способы их прокладки 40—41
- Проводки электрические 71
- — их монтаж на изоляторах 71—73
- — — — в стальных трубах 78—81
- — открытые 73—75
- — — их монтаж плоскими проводами 73—75
- скрытые, их монтаж 70, 80, 92, 93, 94, 100
- — тросовые 84—87
- — — их схемы 84
- Проект организации строительства 15—16
- осветительной электроустановки 62—63
- производства работ 16
- — электромонтажных работ 63, 68, 69
- Прораб 166
- Пряжки 62, 75
- Пускатель магнитный 184—185, 195
- — реверсивный 185
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 6, 8, 10, 11, 76, 80, 95, 160, 219, 222, 224—227, 239, 240

**Р**

- Работы земляные 242, 259—260
- Работы общестроительные деревообделочные 18
- — — паркетные 18
- — — плотничные 18
- — — столярные 18
- — земляные 17
- — их автоматизация 16
- — каменные 17
- — кровельные 18
- — монтажные 18—19
- — погрузочно-разгрузочные 17
- — подготовительные 17
- — отделочные 18

- — транспортные 17
- — — — — строительно-монтажные 14—17
- — — — — их организация 15—17
- — — — — их структура управления 14—15
- Разделка ступенчатая кабеля с бумажной изоляцией 132, 134
- — — — — многопроволочной жилы 112
- Разрядники вентильные РВП 286—287
- — — — — их монтаж 303
- Разъединители РВ-10/400 279
- РВО-10/400 278
- — — — — их монтаж 295—297
- Раскатка проводов 247—248
- Расширитель силового трансформатора 290
- Реверсирование с помощью аппаратов ручного управления 176—177
- — — — — контакторов 181—182
- Реле тепловое 183
- Розетки брызгозащищенные 35
- — — — — их установка 76
- — — — — надплинтусные 35
- — — — — потолочные 93
- — — — — штепсельные 27, 91, 92
- — — — — для открытой установки 27, 35
- — — — — для скрытой проводки 35
- — — — — электромонтажные 63, 68, 69
- Ролики раскаточные 123
- Ротор электродвигателя короткозамкнутый 170
- — — — — фазный 172
- Рубильники 175, 176, 177

### С

- Сварка газовая 108, 116
- — — — — контактная 107, 113, 115
- — — — — термитная 10, 109, 110, 114, 115, 116
- Светильники, их технические характеристики 27, 28—32, 33—34
- — — — — их монтаж 98—100
- — — — — их схемы заземления 100
- Световая отдача 22
- Световой поток 21, 22, 24
- Светофор троллейный 210
- Сети силовые, их схемы 188—190
- Сеть трехфазная 20—21
- — — — — ее схема 21

- Система электроснабжения с глухозаземленной нейтралью 21, 56, 214, 215
- — — — — с изолированной нейтралью 21
- Скобки полиэтиленовые 62
- — — — — стальные 62
- Скольжение 171
- СНиП 12
- Соединение и ответвление заземляющих проводников 218
- — — — — полосы с заземлителем 218
- — — — — проводов контактное 101
- — — — — винтовое 101—102
- — — — — опрессовкой 102—106
- — — — — пайкой 110—112
- — — — — сваркой 106—110
- Соединитель овальный СОАС 249
- Сооружения 12, 13, 14
- Стартер 47
- Статор электрического короткозамкнутого двигателя 169, 170, 171
- — — — — двигателя с фазным ротором 173
- Степень огнестойкости зданий 13
- Стрела провеса воздушных линий 239, 240, 253
- Схема заземления оболочек проводов и кабелей 229
- — — — — осветительной аппаратуры 230
- — — — — понижающего трансформатора 230
- — — — — светильника от нулевого рабочего провода сети 230
- — — — — измерения сопротивления заземления методом амперметра и вольтметра 219—220
- — — — — прибором МС-08 221, 222
- — — — — поражения человека электрическим током 150
- — — — — пуска двигателя пакетным выключателем 176
- — — — — рубильником 175
- — — — — реверсирования двигателя магнитным пускателем 184
- — — — — пакетным переключателем 177
- — — — — рубильником 176, 177
- — — — — с помощью контакторов 181, 182

- — — — — управления двигателем из двух мест 180—181
- — — — — контакторная 178—179
- — — — — с помощью контроллера 186, 187
- Счетчики электрические 50—51, 52, 57
- — — — — их схемы включения 50—51
- — — — — с трансформатором тока 52—53

### Т

- Тепляки 127
- Термит 108
- Ток пусковой 172
- — — — — трехфазный 20
- Траверса для подъема блоков секций шинопроводов 205
- Трансформаторы напряжения НОМ-10 283—284
- — — — — НОМ-6 284
- — — — — НТМК 284
- — — — — НТМИ 284
- — — — — их монтаж 302—303
- — — — — силовые ТМ 287, 288
- — — — — их монтаж 303—304
- — — — — тока 51
- — — — — высоковольтные 281—283
- — — — — их монтаж 301—302
- — — — — ТПЛ-10 282—283
- — — — — ТПОФ-10 282
- — — — — ТПФМ 282
- Трасса воздушной линии 239—241
- Трубогибы 78, 79
- Трубки изоляционные 59, 72, 73
- Трубы из полимерных материалов 59, 93—94
- — — — — стальные газовые 59
- — — — — способы их соединения 79
- — — — — электросварные стальные 59

### У

- Удар тепловой 155
- — — — — электрический 151, 153—155
- Указатель напряжения выше 1000 В 156, 157, 159
- Устройства балластные 47, 48
- — — — — распределительные силовых уста-

- новок 190—193,
- — — — — их монтаж 193—194
- — — — — заземляющие на деревянной опоре 257
- — — — — распределительные закрытые 263
- — — — — комплектные 263
- — — — — их монтаж 304—305
- — — — — силовых установок 190—193
- — — — — их монтаж 193—194

### Ф

- Флюс АФ 106, 111
- — — — — ВАМИ 106, 109, 111

### Ц

- Центровка валов двигателя центровыми скобами 198
- — — — — по струне 197
- Цилиндр контрольный 129

### Ш

- Шесты разметочные 69
- Шинопроводы 201—209
- — — — — закрытые 201—207
- — — — — магистральные 201—202
- — — — — их монтаж 203—206
- — — — — осветительные 203
- — — — — их монтаж 206
- — — — — открытые 201—207
- — — — — распределительные 202
- — — — — троллейные 212—213
- Шкафы вводные 56—57
- — — — — силовые распределительные 191, 192
- Шнурок окрашенный 69
- Штанги изолирующие 156, 157, 159
- — — — — измерительные 156, 159

### Щ

- Щитки распределительные 53—56

— — квартирные 53, 54  
 — — этажные (групповые) 53—56,  
 76  
 Щиты распределительные 190, 191

Э

Электродвигатель крановый с фаз-  
 ным ротором 173—175, 195—196  
 — трехфазный асинхронный с корот-  
 козамкнутым ротором 169—173  
 — — — принцип его работы  
 170—171  
 — — — с фазным ротором 173—175,  
 195—196  
 Электромагнитобур 69

Электромотокки 69  
 Электропомещения 6  
 Электроприемники 10, 11  
 Электропроводки трубные 58—59  
 Электросверлилки 69  
 Электроустановки 6  
 — силовые 169—193  
 Эпоксидный компаунд 137, 138, 148—  
 149

Я

Ящик пусковой 191, 192  
 — силовой 193  
 — сопротивлений 195

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Производство и потребление электроэнергии	5
1.1. Производство электроэнергии на электрических станциях	5
1.2. Электроснабжение электроприемников	5
1.3. Электроустановки	6
1.4. Классификация помещений по условиям окружающей среды	6
1.5. Классификация помещений по степени опасности поражения электрическим током	9
1.6. Номинальные напряжения	9
1.7. Категории электроприемников	10
Глава 2. Общие сведения о зданиях, сооружениях и общестроительных работах	12
2.1. Понятие о строительных нормах и правилах	12
2.2. Классификация зданий и сооружений	12
2.3. Основные части зданий и сооружений	13
2.4. Структура управления строительными работами	14
2.5. Организация строительных работ	15
2.6. Характеристика общестроительных работ	17
Глава 3. Устройство и основное оборудование осветительных электроустановок	20
3.1. Четырехпроводные системы трехфазного тока	20
3.2. Освещение и нормы освещенности	21
3.3. Системы освещения и уровни напряжения	22
3.4. Лампы накаливания	24
3.5. Люминесцентные лампы	25
3.6. Светильники	27
3.7. Патроны, выключатели, розетки	27
3.8. Провода и кабели	35
3.9. Предохранители	37
3.10. Автоматы	44
3.11. Схемы включения ламп накаливания	45
3.12. Схемы включения люминесцентных ламп	47
3.13. Электрические счетчики	50
3.14. Трансформатор тока	51
3.15. Квартирные и групповые распределительные щитки	53
3.16. Вводные шкафы и ящики	56
3.17. Схема электроснабжения жилого дома	57
3.18. Трубы и трубки	58
3.19. Электроизоляционные материалы и изделия	59
3.20. Коробки	60
3.21. Крепежные изделия	61

3.22.	Сведения о проекте осветительной электроустановки	62
3.23.	Организация электромонтажных работ	63
3.24.	Электромонтажный инструмент и приспособления	69
<b>Глава 4. Устройство и монтаж электропроводок</b>		<b>71</b>
Б.22	4.1. Монтаж электрических проводов на изоляторах	71
	4.2. Монтаж открытой электропроводки плоскими проводами	73
	4.3. Монтаж кабелей и защищенных проводов	75
Б.23	4.4. Монтаж проводов в стальных трубах	78
	4.5. Прокладка проводов на лотках и в коробах	81
	4.6. Монтаж тросовых проводов	84
	4.7. Техника безопасности при монтаже открытых электрических проводов	87
	4.8. Монтаж скрытых проводов плоскими проводами	92
	4.9. Проводки в неметаллических трубах	93
	4.10. Монтаж беструбных сменяемых проводов	94
	4.11. Электропроводки в чердачных помещениях	95
	4.12. Прозвонка проводов и схемы раскладки коробов	95
	4.13. Монтаж светильников	98
	4.14. Техника безопасности при монтаже скрытых электропроводок	100
	4.15. Общие сведения о соединении и оконцевании токопроводящих жил проводов и кабелей	101
	4.16. Винтовые соединения	101
Б.29	4.17. Соединение опрессовкой	102
	4.18. Соединение сваркой	106
	4.19. Соединение пайкой	110
	4.20. Оконцевание проводов и кабелей	112
Б.6	4.21. Техника безопасности при соединении и оконцевании токопроводящих жил, проводов и кабелей	115
<b>Глава 5. Устройство и монтаж кабельных линий напряжением до 1 кВ</b>		<b>117</b>
	5.1. Общее устройство силовых кабелей	117
	5.2. Конструкции и марки силовых кабелей	119
Б.4	5.3. Прокладка кабелей в земле	121
	5.4. Прокладка кабелей при низких температурах	126
	5.5. Прокладка кабелей в блоках	129
	5.6. Прокладка кабеля в производственных помещениях	131
	5.7. Ступенчатая разделка кабеля с бумажной изоляцией	132
	5.8. Монтаж чугунной соединительной муфты	134
	5.9. Монтаж свинцовой соединительной муфты	136
	5.10. Монтаж эпоксидной соединительной муфты	137
	5.11. Сухая концевая заделка лентами и лаками	138
	5.12. Концевая заделка в резиновой перчатке	140
	5.13. Концевая эпоксидная заделка	140
	5.14. Концевые кабельные муфты наружной установки	141
	5.15. Прозвонка кабелей	143
	5.16. Фазирование кабелей	144
	5.17. Техника безопасности при кабельных работах	145
<b>Глава 6. Общие вопросы электробезопасности и меры пожарной безопасности</b>		<b>149</b>
	6.1. Общие сведения	149
	6.2. Действие электрического тока на организм человека	150
	6.3. Освобождение пострадавшего от действия тока в установках напряжением до 1000 В	152
	6.4. Оказание первой помощи при электрическом ударе	153

6.5.	Первая помощь при тепловых ударах и ожогах	155
6.6.	Защитные средства	155
6.7.	Испытание, хранение и использование защитных средств	158
6.8.	Плакаты по технике безопасности	160
6.9.	Организация обучения правилам техники безопасности	160
6.10.	Технические мероприятия по технике безопасности при работе в действующих электроустановках	163
6.11.	Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ	165
6.12.	Пожароопасные свойства строительных материалов и основные правила пожарной безопасности	167
6.13.	Причины возникновения пожаров и правила их тушения	168
<b>Глава 7. Устройство и основное оборудование силовых электроустановок</b>		<b>169</b>
Б.27	7.1. Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором	169
	7.2. Трехфазный асинхронный электродвигатель с фазным ротором	173
	7.3. Аппараты и схемы ручного управления электродвигателями переменного тока	175
	7.4. Реверсирование трехфазных электродвигателей с помощью аппаратов ручного управления	176
	7.5. Электромагнитный контактор	177
	7.6. Схемы дистанционного управления электродвигателями	180
	7.7. Реверсирование электродвигателей с помощью контакторов	181
	7.8. Тепловая защита электродвигателей	183
	7.9. Магнитный пускатель	184
Б.16	7.10. Контроллеры	185
	7.11. Схемы силовой сети промышленных предприятий	188
	7.12. Распределительные устройства силовых электроустановок	190
<b>Глава 8. Монтаж электродвигателей и пускорегулирующих аппаратов</b>		<b>193</b>
	8.1. Монтаж распределительных устройств напряжением до 1000 В	193
	8.2. Монтаж пускорегулирующей аппаратуры	194
	8.3. Монтаж электрических двигателей	195
	8.4. Соединение электродвигателя с рабочим механизмом	196
	8.5. Техника безопасности при монтаже силового электрооборудования	199
<b>Глава 9. Устройство и монтаж шинопроводов и троллейных линий</b>		<b>201</b>
	9.1. Общие сведения	201
	9.2. Закрытые и защищенные шинопроводы	201
	9.3. Монтаж магистральных шинопроводов	203
	9.4. Монтаж распределительных шинопроводов	206
	9.5. Монтаж осветительных шинопроводов	206
	9.6. Открытые шинопроводы	207
	9.7. Открытые троллейные магистрали	209
	9.8. Троллейный шинопровод	212
	9.9. Техника безопасности при монтаже шинопроводов	213
<b>Глава 10. Монтаж устройств защитного заземления и зануления</b>		<b>214</b>
Б.4	10.1. Защитная роль заземления в сетях с глухозаземленной нейтралью	214
	10.2. Наружный контур заземления и его монтаж	215
	10.3. Нормы сопротивления заземляющих устройств	219
	10.4. Измерение сопротивления заземляющего устройства	219
	10.5. Монтаж внутренней заземляющей сети	222



10.6. Требования ПУЭ к заземлению электроустановок . . . . .	224
10.7. Заземление силовых электроустановок . . . . .	228
10.8. Заземление осветительных установок . . . . .	228
10.9. Заземление в кабельных сетях . . . . .	231
10.10. Напряжение шага и напряжение прикосновения . . . . .	232
<b>Глава 11. Элементы устройства и монтажа воздушных линий напряжени-</b>	<b>233</b>
<b>ем до 1000 В и наружного освещения . . . . .</b>	<b>233</b>
11.1. Разновидности опор воздушных линий . . . . .	233
11.2. Конструкция опор ВЛ . . . . .	235
11.3. Линейные изоляторы, арматура и провода ВЛ . . . . .	237
11.4. Трасса воздушной линии и ее элементы . . . . .	239
11.5. Требования к трассе воздушных линий . . . . .	240
11.6. Земляные работы и транспортировка материалов на трассу . . . . .	242
11.7. Сборка опор . . . . .	243
11.8. Установка опор . . . . .	246
11.9. Раскатка проводов . . . . .	247
11.10. Соединение и ремонт проводов воздушных линий . . . . .	248
11.11. Натягивание проводов . . . . .	252
11.12. Крепление проводов . . . . .	253
11.13. Заземление воздушных линий . . . . .	256
11.14. Воздушные вводы . . . . .	257
11.15. Техника безопасности при монтаже воздушных линий . . . . .	259
<b>Глава 12. Элементы устройства и монтажа трансформаторных подстан-</b>	<b>263</b>
<b>ций напряжением 6...10 кВ . . . . .</b>	<b>263</b>
12.1. Общие сведения . . . . .	263
12.2. Изоляторы . . . . .	264
12.3. Общие сведения о силовых выключателях . . . . .	266
12.4. Выключатель ВМП-10 . . . . .	267
12.5. Выключатель МГГ-10 . . . . .	269
12.6. Выключатели нагрузки . . . . .	273
12.7. Приводы к выключателям . . . . .	275
12.8. Разъединители . . . . .	277
12.9. Приводы к разъединителям . . . . .	280
12.10. Трансформаторы тока . . . . .	281
<b>Б-7</b> 12.11. Трансформаторы напряжения . . . . .	283
12.12. Высоковольтные предохранители . . . . .	285
12.13. Разрядники . . . . .	286
<b>Б-2</b> 12.14. Силовые трансформаторы . . . . .	287
12.15. Трансформаторные подстанции . . . . .	290
12.16. Монтаж изоляторов . . . . .	293
12.17. Монтаж разъединителей . . . . .	295
12.18. Монтаж выключателя нагрузки ВМП-16 . . . . .	297
12.19. Монтаж масляного выключателя ВМП-10 . . . . .	298
12.20. Монтаж масляного выключателя МГГ-10 . . . . .	300
12.21. Монтаж трансформаторов тока . . . . .	301
12.22. Монтаж трансформаторов напряжения . . . . .	302
12.23. Монтаж высоковольтных предохранителей . . . . .	303
12.24. Монтаж вентильных разрядников . . . . .	303
12.25. Монтаж силовых трансформаторов . . . . .	303
12.26. Монтаж комплектных распределительных устройств . . . . .	304
12.27. Техника безопасности при монтаже подстанций . . . . .	305
Предметный указатель . . . . .	308

Николай Николаевич Гусев,  
Борис Николаевич Мельцер

Устройство и монтаж электрооборудования

Редактор Л. Н. Козловская  
Худож. редактор А. Г. Звонарев  
Техн. редактор П. В. Фрайман  
Корректор Л. А. Шлыкович

ИБ 569

Сдано в набор 2.03.79. Подписано в печать 15.08.79. АТ 03634. Бумага типогр. № 3. Формат 60×90/16. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл. печ. л. 20. Уч.-изд. л. 21,68. Изд. № 76-37. Тираж 25 000 экз. Зак. 2013. Цена 65 коп.

Издательство «Высшая школа» Государственного комитета БССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, 220048, Минск, Парковая магистраль, 11. Полиграфический комбинат им. Я. Коласа Государственного комитета Белорусской ССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, Минск, ул. Красная, 23.

**БИБЛИОТЕКА**  
Брестского  
ТУ-151 электротехники

16-12