

Высшее образование
БАКАЛАВРИАТ

МОНТАЖ И НАЛАДКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

УЧЕБНИК

Под редакцией Б. И. КУДРИНА

Допущено

*Учебно-методическим объединением вузов России
по образованию в области энергетики и электротехники
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки «Электроэнергетика
и электротехника»*

2-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2017

УДК 621.3.07(075.8)
ББК 31.26я73
М777

Авторы:

*Б. И. Кудрин, Л. Т. Магазинник, М. Г. Ошурков, С. А. Цырук,
В. А. Ставцев, В. Н. Костин*

Рецензенты:

зав. кафедрой «Теоретическая электротехника и электрификация нефтяной и газовой промышленности» Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина, д-р техн. наук, проф. *А. В. Егоров*;
зав. кафедрой «Электрооборудование и энергосбережения»
ФГБОУ ВПО Государственного университета — УНПК,
д-р техн. наук., проф. *А. Н. Качанов*

М777 **Монтаж** и наладка электрооборудования : учебник для студ. учреждений высш. образования / [Б. И. Кудрин, Л. Т. Магазинник, М. Г. Ошурков и др.] ; под ред. Б. И. Кудрина. — 2-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2017. — 240 с. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-4468-5313-7

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника», модуль «Электротехника» (квалификация «бакалавр»).

Освещены основы инвестиционного проектирования, организации электромонтажного производства, вопросы монтажа и наладки систем электроснабжения, включая воздушные линии электропередачи, кабельные линии и сети, цеховые электрические сети, шинопроводы, распределительные устройства и подстанции, оборудование и распределительные устройства напряжением до 1 кВ, заземляющие устройства. Рассмотрены особенности монтажа сетей освещения, монтажа электрооборудования и сетей во взрывоопасных зонах.

Для студентов учреждений высшего образования.

УДК 621.3.07(075.8)
ББК 31.26я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение
любым способом без согласия правообладателя запрещается*

© Кудрин Б. И., Магазинник Л. Т., Ошурков М. Г., Цырук С. А.,
Ставцев В. А., Костин В. Н., 2016

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2016

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2016

ISBN 978-5-4468-5313-7

Электромонтаж и наладка являются важной и неизбежной составляющей инвестиционного процесса, который определяет планы и разрезы, схемы, спецификацию, смету. Установленные и налаженные в процессе монтажа и наладки оборудование и сети определяют последующую эффективность функционирования электрического хозяйства предприятий, организаций, учреждений — электрики в целом. Объединение в один учебник всех вопросов организации монтажа и наладки всех объектов, которые как система-ценоз определяется необходимостью взаимодействовать как с проектными организациями, так и заказчиком, надзорно-контролирующими органами, диктовалось комплектностью подхода.

Работы по монтажу электрооборудования и электрических сетей выполняют при сооружении новых и реконструкции и техническом перевооружении действующих промышленных производств. Экономическая эффективность электромонтажных работ достигается путем расширения применения индустриальных методов монтажа, превращения работ в монтажной зоне в сборку предварительно изготовленных укрупненных узлов электрической сети и установку крупноблочного электрооборудования высокой заводской готовности, совершенствования организации и управления электромонтажными работами, повышения уровня инженерной и материально-технической подготовки производства и максимальной механизации монтажных операций.

Монтаж электрических сетей предполагает специализацию при монтаже воздушных ЛЭП (опоры, провода и тросы, разрядники и заземление), монтаже кабельных линий (методы прокладки, соединение и оконцевание), монтаже цеховых электрических сетей (провода и кабели, электропроводки, беструбные и трубные, шинопроводы). Детализирован монтаж распределительных устройств и подстанций высокого и низкого напряжения. Выделен монтаж защитных устройств третьего уровня системы электроснабжения и защитное заземление зданий и сооружений.

Изложены лишь основные положения монтажа электрических машин и аппаратуры управления. О монтаже электрооборудования и электрических сетей во взрывоопасных зонах приведены лишь ограниченные сведения, которые необходимо знать как исходные при

последующем обязательном обращении к сертификации завода-изготовителя, нормативно-директивной документации, действующей на момент сдачи объекта в эксплуатацию.

Повышение надежности электроустановок и качества электромонтажных работ неразрывно связано с совершенствованием технологии монтажа, разработкой и внедрением новых материалов и изделий, строгим соблюдением требований нормативных документов и государственных стандартов.

Система нормативных документов для электромонтажных работ включает в себя Строительные нормы и правила, ведомственные нормативные документы, учитывающие специфику отрасли, утвержденные органами государственного надзора, в том числе Правила устройства электроустановок, межотраслевую систему государственных стандартов.

Электромонтажные работы являются одним из самых сложных видов монтажа. Они завершают строительство (реконструкцию) и обеспечивают ввод в эксплуатацию промышленных установок.

В предлагаемом учебнике изложены конкретные примеры выполнения отдельных видов электромонтажных работ, показаны пути технического развития и совершенствования электромонтажного производства; приведены сведения по эксплуатации и ремонту электрооборудования, включая новые подходы к организации электроремонта при рассмотрении электрохозяйства с ценологических позиций, отражающих научный взгляд на современный технический мир.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИЙ, МОНТАЖА И НАЛАДКИ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ, ОРГАНИЗАЦИЙ, УЧРЕЖДЕНИЙ

1.1. Структура управления электромонтажными организациями и служба главного электрика

В системе управления электромонтажным производством основным производственным звеном является электромонтажное управление (ЭМУ). Наряду с производственной частью — монтажными участками — в ЭМУ действуют:

- участок инженерной подготовки производства (УИПП);
- участок комплектации, складирования и транспортирования (УКСТ);
- сборочно-комплектовочные предприятия или базы, или мастерские электромонтажных заготовок (МЭЗ);
- участок механизации;
- автобаза.

Организация и сокращение сроков монтажа, затрат труда, количества работ, выполняемых в монтажной зоне, в значительной мере зависят от подготовки производства (рис. 1.1), осуществляемой специальными структурами.

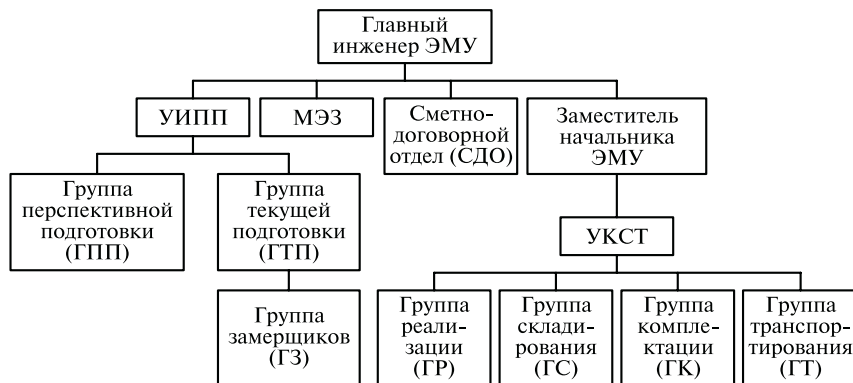


Рис. 1.1. Структурная схема службы подготовки производства ЭМУ

Электромонтажные работы являются частью комплекса строительных работ и выполняются в рамках договора строительного подряда (контракта), в соответствии с которым подрядчик обязуется в установленный договором срок выполнить работы, а заказчик обязуется создать подрядчику необходимые условия для выполнения работ, принять их результат и оплатить выполненные работы. Заказчиками выступают юридические лица (предприятия, организации), имеющие финансовые средства (инвесторы). Финансирование электромонтажных работ осуществляется за счет раздела капитальных вложений, предусмотренного для нового строительства, расширения, реконструкции и технического перевооружения объектов электрики.

Подрядчиками при проведении электромонтажных работ выступают электромонтажные организации независимо от форм собственности, зарегистрированные в установленном порядке в налоговых органах и имеющие лицензию и другие документы, подтверждающие легитимность организации и гарантии качества на выполнение электромонтажных работ. Лицензирование деятельности электромонтажных организаций осуществляется в целях защиты прав и интересов потребителей строительной-монтажной продукции. Гарантии и сроки предъявления заказчиком претензий к подрядчику определяются в договоре подряда и по электромонтажным работам составляют, как правило, 1...2 года.

Договор подряда является основным правовым документом, регламентирующим взаимоотношения заказчика и подрядчика. Такой договор иногда заключается на выполнение работ «под ключ». Здесь подразумевается выполнение полного инвестиционного цикла, включающего проектирование, строительные, электромонтажные, пусконаладочные работы и сдачу объекта в эксплуатацию.

Для выполнения комплекса или отдельных видов работ, например пусконаладочных работ, подрядчик может привлекать другие организации — субподрядчики. В этом случае подрядчик выступает уже в роли генерального подрядчика. Основные этапы выполнения электромонтажных работ показаны на рис. 1.2. Подготовка к проведению электромонтажных работ, в частности приемка строительной части объекта под монтаж оборудования, ответственность перед заказчиком за выполнение всех видов работ в сроки, предусмотренные договором, и надлежащего качества, возлагается на генерального подрядчика.

Подрядчик планирует и осуществляет работы в соответствии с проектно-сметной документацией и договорной ценой, определяющими объем, содержание и стоимость работ. Проектная документация должна соответствовать требованиям следующих нормативных документов, регламентирующих электромонтажные работы:

- Строительные нормы и правила (СНиП);
- государственные стандарты (ГОСТ) в области строительства;
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ ЭП);



Рис. 1.2. Основные этапы проведения электромонтажных работ

- природоохранное законодательство и охрана труда при выполнении работ.

Заказчик и подрядчик вправе по согласованию с проектной организацией вносить изменения в техническую документацию при неизменности характера предусмотренных договором подряда работ, а также выделять пусковой комплекс из всего проектного объема работ. Обязанности и ответственность по обеспечению электромонтажных работ комплектами оборудования, материалами и конструкциями несет, как правило, подрядчик. Для этого подрядчик получает от проектной организации расчеты (спецификации) о потребности основных видов оборудования, материалов, конструкций.

Для проверки качества поставляемого на монтажную площадку оборудования подрядчик осуществляет входной контроль, оформляет акты приемки оборудования в монтаж или предъявляет претензии к поставщикам в случаях нарушения требований к качеству оборудования, повреждениям при транспортировке.

В ходе выполнения электромонтажных работ заказчик осуществляет технический надзор за качеством работ, соблюдением сроков их выполнения, качеством поставляемого оборудования, его испытаниями при проведении пусконаладочных работ. Технический надзор заказчик может осуществлять с привлечением проектной организации (авторский надзор). При большом объеме работ надзор ведется по отдельным разделам проекта: строительные, электромонтажные, сантехнические, пусконаладочные и другие работы.

После выполнения заказчиком и подрядчиком всех обязательств по договору осуществляется приемка выполненных работ. В договоре подряда предусматриваются сроки уведомления подрядчиком

заказчика о готовности объекта к приемке, сроки проведения приемки и сроки устранения замечаний, выявленных при приемке выполненных работ.

Проблемы монтажа, наладки, обслуживания, эксплуатации и электроремонта обостряются из-за физического и морального старения оборудования и технологий, увеличения разнообразия видов выпускаемого оборудования, абсолютного роста количества электрооборудования. Стремление к эффективности вызывают различные подходы к организации управления электрическим хозяйством в промышленности, сфере услуг, ЖКХ. Выделим те изменения, которые влияют на системы монтажа, наладки, эксплуатации и электроремонта электрооборудования:

- ликвидация энергетического штата, включая электроремонтный, с сохранением единичных ИТР, осуществляющих договорные и иные связи с энергосистемой и обслуживающими ремонтными фирмами, работающими по абонентной плате или по единичному договору, обеспечивающему ремонт специфического оборудования;
- разделение единой электротехнической службы на две части: 1) собственно дежурный персонал технологических цехов, осуществляющий оперативное и иное управление; 2) переведенный под единое управление ремонтно-обслуживающий персонал, осуществляющий работы в технологических цехах по договору (с соответствующим возмещением затрат);
- изменение функций централизованных служб электроремонта (для крупных предприятий, имеющих собственные электроцехи), заключающееся в придании им статуса юридического лица и переходе на коммерческое обслуживание собственного предприятия и близлежащей промышленной сферы и соцкультбыта;
- создание акционерного общества или иной формы юридической самостоятельности служб главного электрика (как дочерней компании при основном производстве со 100%-ным пакетом акций);
- расширение фирменного обслуживания (особенно в части уникального, крупного единичного оборудования) с отнесением договора и затрат на основную продукцию;
- увеличение обновляемости и замену электрооборудования (особенно массового) новым, удовлетворяющим по габаритно-присоединительным размерам;
- частичная модернизация электрооборудования с заменой части электротехнического комплекса при сохранении основных конструктивных и схемных решений;
- организационно-техническое изменение системы ППР, основывающееся на 80...90 % отказа от ремонта электрооборудования с заменой необслуживаемого (в случае его отказа) резервным из ценологически рассчитанного обменного фонда;
- централизацию электроремонтных и иных обслуживающих служб в рамках территориально-административной структуры.

1.2. Основные требования к объему и содержанию проектной документации

Одно из основных технологических требований к проектной документации электротехнической части промышленного предприятия — обеспечение условий ее монтажа индустриальным способом с максимальным внедрением крупных электромонтажных блоков, при применении которых уменьшаются трудозатраты на строительных площадках и сокращаются сроки монтажа объектов, уменьшается объем технической документации, разрабатываемой проектными организациями.

В проектах необходимо предусматривать возможность максимального выполнения работ вне строительной площадки на специализированных промышленных предприятиях. Для этого в технической документации должны быть сформированы две группы чертежей:

- 1) для работ, подлежащих выполнению вне строительной площадки;
- 2) для работ, которые должны выполняться непосредственно на строительной площадке.

Такой порядок комплектации позволяет электромонтажной организации более полно охватить все работы, которые выполняются вне зависимости от хода строительства (а следовательно, параллельно с ним), создает условия для принятия еще на стадии проектирования решений, обеспечивающих максимальную индустриализацию электромонтажных работ. Техническую документацию, работы по которой необходимо выполнять непосредственно на объекте строительства, в свою очередь, делят на две группы чертежей — для электромонтажных работ первой и второй стадии.

Для первой стадии монтажа — строительные задания на помещения и сооружения для размещения и установки электротехнических устройств и коммуникаций, на проемы и закладные детали (как правило, с выделением в отдельный том); задания монтажно-заготовительному участку на сборку укрупненных узлов и на монтажные детали, которые не поставляются заводами; задания заводам-изготовителям (для типизированных комплектных устройств — заполнение опросного листа); чертежи скрытой прокладки труб в фундаментах и перекрытиях); чертежи установки конструкций для трасс электропроводок, кабельных линий и заземлений, а также конструкции для крепления укрупненных узлов электрооборудования и комплектных устройств.

Для второй стадии — пояснительная записка; спецификации и комплекточные ведомости на электрооборудование и материалы; сметы, составленные по рабочим чертежам с разбивкой по разделам проекта, и сводная смета затрат отдельно для каждой очереди строительства; электрические схемы (принципиальные, элементные,

внешних соединений), рабочие чертежи разводок электрических сетей, электрического освещения и установочные чертежи.

Проект производства электромонтажных работ (ППЭР) должен обеспечивать максимальную индустриализацию электромонтажных работ. В зависимости от сложности и объемов электромонтажных работ возможны различные методы формирования документации ППЭР, однако в нем всегда должны быть выделены три раздела технической документации:

- 1) отражающая основные организационные и технологические решения по монтажу электрической части объекта;
- 2) служащая для производства электромонтажных работ индустриальным способом;
- 3) непосредственно на объекте.

В первом разделе приводятся общие сведения об объекте, ситуационный план с нанесенными на нем основными электротехническими объектами, характеристика организационной структуры монтажа, определяют вопросы (общие меры техники безопасности, первоочередное строительство основных электротехнических объектов, использование строительно-монтажных кранов для подъема крупных электротехнических блоков, согласование трасс их перемещения и др.), подлежащие решению в общем проекте организации работ (ПОР) стройки. Кроме того, приводят схему размещения электротехнических помещений и установки электрооборудования внутри них, основные электротехнические характеристики объекта, схемы канализации, электроэнергии, сведения о стоимостных и физических объемах электромонтажных работ.

Ведомость физических объемов работ содержит перечень оборудования, электроконструкций и материалов:

- по распределительным устройствам и подстанциям — количество и общую мощность трансформаторов, количество камер КРУ, КСО и нестандартных панелей щитов и пультов управления, панелей распределительных щитов, батарей статических конденсаторов, синхронных компенсаторов;
- силовому электрооборудованию — количество и мощность двигателей напряжением до и свыше 500 В, кранов и талей с указанием грузоподъемности, длины троллеев, количество силовых сборок, распределительных шкафов, панелей щитов управления, пусковых аппаратов;
- осветительным электроустановкам — количество осветительных щитков и светильников;
- электрическим сетям — количество кабелей силовых напряжением до и свыше 1 кВ, кабелей контрольных, проводов, шин, труб и сортовой стали.

Во втором разделе приводят ведомости блоков и конструкций, подлежащих сборке и изготовлению в мастерских электромонтажного управления, их чертежи или ссылки на типовые альбомы,

спецификации оборудования и материалов, лимитнозаборные карты.

В третьем разделе определяют наиболее производительные и экономичные методы выполнения электромонтажных работ непосредственно на строительной площадке. Разрабатывают технологию монтажа с внедрением механизации, передовых методов производства, приспособлений, новых материалов и др. Составляют технологические карты по транспортировке и такелажу крупных блоков, монтажу наиболее сложного оборудования.

Исходя из технологической последовательности и трудоемкости работ разрабатывают графики их производства без привязки к конкретным календарным датам. Эти графики в последующем используются при планировании. В них необходимо разграничить электромонтажные работы, подлежащие выполнению в первую и вторую стадии, и составить ведомости работ для каждой из стадий, а также привести указания по технике безопасности работ, соответствующие специфическим условиям объекта, не повторяя общих положений.

В технологических картах, включаемых в состав ППЭР, разрабатываются:

- объем подлежащих выполнению электромонтажных работ в физическом выражении и технология их выполнения;
- трудозатраты, необходимые для выполнения работ, а также количественный и квалификационный состав бригад;
- ведомость необходимых машин, механизмов, инструмента и приспособления;
- ведомость изделий и работ, выполняемых в центральных электромонтажных мастерских;
- ведомость необходимых вспомогательных монтажных материалов;
- календарный график выполнения работ;
- основные указания о последовательности, методах производства работ и организации труда.

Проекты производства электромонтажных работ при сооружении крупных промышленных объектов выполняют на основании разработанных проектными организациями рабочих чертежей. Рабочие чертежи при строительстве промышленных предприятий состоят из комплектов архитектурно-строительных, санитарно-технических, электротехнических и технологических чертежей. Комплект электротехнических рабочих чертежей содержит документацию, необходимую для монтажа внешних и внутренних электрических сетей, подстанций и других устройств электроснабжения, силового и осветительного электрооборудования. При разработке проектной документации должны учитываться требования организации и технологии электромонтажного производства.

В проектах стараются максимально исключить дыропробивные работы на месте монтажа. Для этого проемы, ниши и отверстия

указывают в рабочих архитектурно-строительных чертежах для выполнения их строительными организациями в процессе изготовления строительных конструкций и возведения зданий. В рабочих чертежах должно быть учтено, что железобетонные, гипсобетонные, керамзитобетонные панели, перекрытия, внутренние стеновые панели и перегородки, железобетонные колонны и ригели заводского изготовления должны иметь каналы (трубы) для прокладки проводов, ниши, гнезда с закладными деталями для установки штепсельных розеток и выключателей. Трассы прокладки электрических сетей и места установки электрооборудования увязывают с трассами прокладки других технологических и инженерных сетей и установкой другого оборудования.

В составе рабочих чертежей приводятся спецификации на оборудование, конструкции и материалы, а также ведомости укрупненных комплектных устройств, блоков и узлов, подлежащих изготовлению вне монтажной зоны (например, в МЭЗ). Для монтажа внешних (внецеховых) кабельных и воздушных линий разрабатывают планы их прокладки (трассы) с привязкой к координатной сетке, зданиям и сооружениям, с указанием мест пересечения с другими подземными коммуникациями.

Для подстанций, машинных залов и распределительных устройств (РУ) разрабатывают:

- планы и разрезы с указанием размещения узлов и блоков электрооборудования;
- чертежи прокладки сетей заземления;
- принципиальные и монтажные схемы главных и вторичных цепей;
- чертежи прокладки силовых кабелей, кабелей вторичных цепей и кабельные журналы для них.

Для монтажа силового, электрооборудования разрабатывают поэтажные планы зданий и цехов с указанием и координацией на них трасс прокладки питающих и распределительных силовых сетей и размещения шинопроводов, силовых питающих пунктов и шкафов, электроприемников и пускорегулирующих аппаратов. Для монтажа электрического освещения выполняют поэтажные планы зданий и цехов с указанием и координацией на них питающих и групповых сетей освещения, светильником, пунктов и щитков.

Разрабатывают принципиальные и расчетные схемы силового и осветительного оборудования. При необходимости разрабатывают чертежи разрезов и узлов силовых и осветительных сетей и оборудования, а также чертежи нетиповых конструкций и узлов.

При открытой прокладке больших потоков труб для электропроводок и при скрытой их прокладке в производственных помещениях со сложными коммуникациями выполняют план разводки труб с маркировкой, привязкой и отметкой выходов труб и их заложения по трассе в характерных точках; характерные разрезы по трассе; об-

щий кабельный и трубный журналы и трубозаготовительную ведомость.

Для крупных объектов рекомендуется разделение на конструктивно-обособленные части, узлы, связанные между собой технологическими и временными зависимостями, т. е. на монтажно-технологические зоны.

Монтажно-технологическими зонами по электротехнической части для металлургических, машиностроительных и других объектов могут быть:

- наружное освещение;
- верхнее освещение с питающими сетями;
- кабели электроснабжения 6—10 кВ от ГПП до РП;
- электроснабжение 6—10 кВ, включая распределительные пункты, подстанции с кабельными связями;
- магистральные шинопроводы до 1 000 В;
- троллеи крановых и напольных транспортных средств;
- поточно-транспортные системы технологических процессов с аппаратурой и сетями питания от магистралей;
- системы отопления, вентиляции, кондиционирования и т. п.;
- законченные технологические циклы крупных объектов в одном здании (механические, сборочные и другие цеха), включая распределительные сети с их питанием от магистралей, заземлением электрооборудования;
- встроенные помещения — машзалы, электропомещения с монтажом оборудования и сетей в пределах этих помещений и питающими кабелями;
- заземляющие устройства и молниезащита.

Проектную документацию заказчик или генподрядчик передает электромонтажной организации в сроки, обеспечивающие заблаговременную подготовку к монтажу, заказ и изготовление блоков и узлов электроустановок на предприятиях-изготовителях, сборочно-комплекточных предприятиях или базах монтажных организаций. На рабочих чертежах, передаваемых монтажной организации, ставят штамп или надпись: «*Разрешен к производству*» за подписью ответственного представителя заказчика. Заказчик передает монтажной организации также поступающие от предприятия-изготовителя с оборудованием установочные и сборочные чертежи, схемы и инструкции по монтажу.

1.3. Графические обозначения и маркировка цепей в электрических схемах

На схемах электроустановок и чертежах планов в проектах электрооборудования промышленных предприятий, зданий и сооружений электрические машины, аппараты, светильники, щитки, выключа-

тели, штепсельные розетки, электрические проводки обозначаются условными знаками.

На чертежах планов рядом с условным графическим обозначением силового оборудования обычно указывают дробью номер оборудования по плану (в числителе) и его мощность (в знаменателе). У светильников дробью указывают мощность и высоту установки в метрах. Другие данные и характеристики оборудования указывают в экспликациях к плану или в расчетных схемах. Возле линий, проложенных кабелем или проводом, указывают марку и сечение кабеля или провода и условно обозначают способ прокладки, например, Т — в металлической трубе, Тс — на тресе, Мр — в металлическом рукаве, Л — на лотке.

Буквенные условные обозначения элементов, входящих в схему, должны выполняться латинскими буквами (рис. 1.3). Такое решение принято в связи с постоянным расширением международных связей в области проектирования, монтажа и эксплуатации электроустановок.

Для опознавания проводников, определения их назначения и положения отдельных участков цепи в электрических схемах применяют маркировку. Участки цепи, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, приборов, машин и другими элементами, получают разную маркировку. Участки цепи, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения, как правило, получают одинаковую маркировку. В необходимых случаях для таких участков цепи допускается добавлять к маркировке порядковые числа или обозначения устройств (агрегатов), отделяя их дефисом, а участком цепи, проходящим через разъемные контактные соеди-

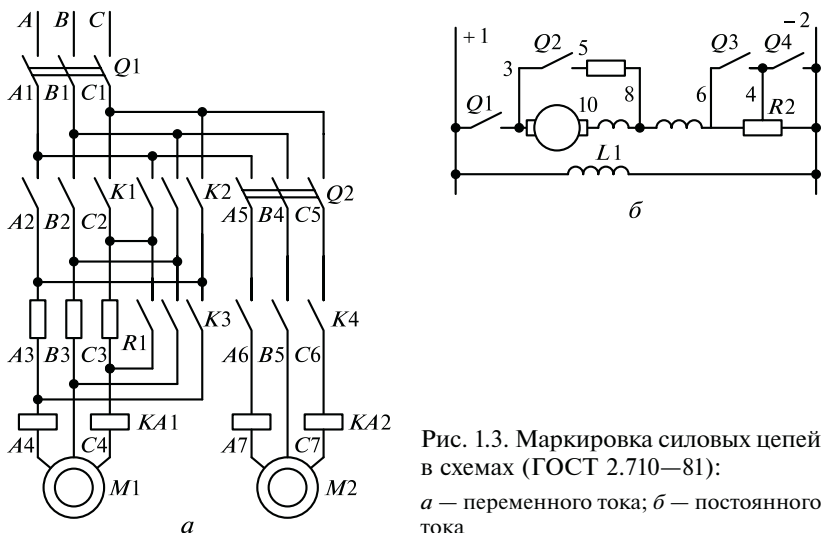


Рис. 1.3. Маркировка силовых цепей в схемах (ГОСТ 2.710—81):

a — переменного тока; *б* — постоянного тока

нения, присваивать другую маркировку. Цепи в схемах маркируют независимо от нумерации входных и выходных зажимов машин, аппаратов, приборов, реле. Последовательность маркировки цепей принимают от ввода источника питания к потребителю, а разветвляющиеся участки цепи маркируют на схемах сверху вниз и в направлении слева направо. Для маркировки применяют арабские цифры и прописные буквы. Цифры и буквы пишут одинаковым размером. При маркировке цепей допускается оставлять резервные номера.

Силовые цепи переменного тока маркируют буквами, обозначающими фазы и последовательными числами. В трехфазных цепях переменного тока фазы маркируют: А, В, С; в двухфазных — А, В; В, N; С, N (рис. 1.3, а).

В силовых цепях постоянного тока участки цепей положительной полярности маркируют нечетными числами, а участки отрицательной полярности — четными (рис. 1.3, б). Входные и выходные участки цепи маркируют с указанием полярности: плюс (+) и минус (-). Средний проводник обозначают буквой N или M. Допускается выполнять маркировку силовых цепей постоянного тока последовательными числами.

Цепи управления, защиты, сигнализации и измерения маркируют последовательными числами в пределах изделия, присоединения (рис. 1.4). Допускается перед маркировкой проставлять обозначения, характеризующие функциональное назначение цепи. На рисунке последовательность маркировки установлена от плюса к минусу (например, обмотки электрической машины M1 имеют маркировку 4—5, контролер K2 — маркировку 6—7 и т.д.). Маркировка ответвлений выполнена сверху вниз.

ГОСТ 21.614—88 (СТ СЭВ 3217-81) «Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах» уста-

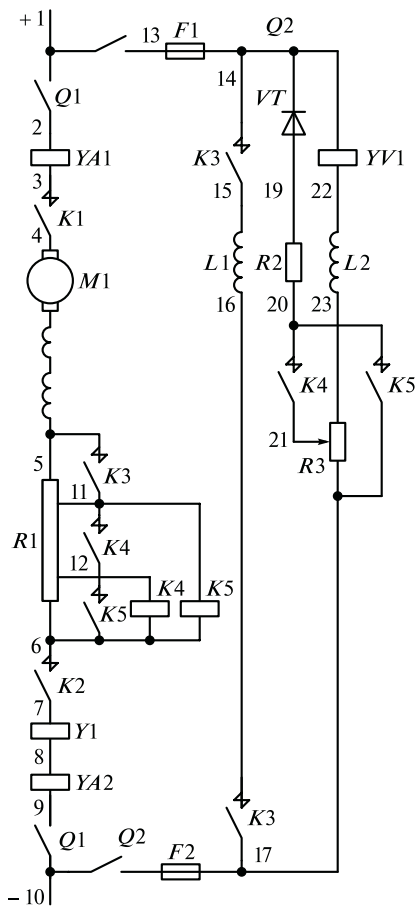


Рис. 1.4. Маркировка цепей управления, защиты, измерения (ГОСТ 2.710—81)

навливает условные графические изображения электропроводок, прокладок шин, кабельных линий (проводок) и электрического оборудования на планах прокладки электрических сетей и (или) расположения электрооборудования зданий и сооружений всех отраслей промышленности и экономики (приложение 1).

1.4. Индустриальные методы производства электромонтажных работ

В целях сокращения сроков ввода объектов в эксплуатацию и повышения качества выполнения электромонтажных работ стремятся к максимальной индустриализации и механизации этих работ, а также к привлечению для монтажа электрооборудования высококвалифицированного персонала предприятий-изготовителей.

Под *индустриализацией* понимается предварительное комплектование и сборка электрооборудования в целях повышения его монтажной готовности. Это достигается путем переноса максимально возможного количества операций по монтажу элементов электроустановок с монтажной зоны на монтажные заводы и мастерские, оснащенные высокопроизводительными механизмами. Уровень индустриализации определяется отношением объема электромонтажных работ, выполненных за пределами монтажной зоны, к общему объему электромонтажных работ. Для повышения уровня индустриализации работ крупные монтажные организации, как правило, имеют в своем составе подразделения, занимающиеся изготовлением изделий, конструкций и механизмов, не выпускаемых промышленностью серийно.

Индустриальный монтаж состоит из двух стадий: первая включает в себя предварительную комплектацию электрооборудования, сборку на заводах и монтажных мастерских поставляемого разрозненного оборудования в комплектные блоки и укрупненные узлы с доведением их до полной монтажной готовности; на второй выполняется установка комплектных блоков и укрупненных узлов оборудования, прокладываются силовые и осветительные сети и сети заземления, осуществляется проверка правильности монтажа, пусконаладочные работы и приемо-сдаточные испытания электрооборудования.

Наиболее высокий уровень индустриализации имеют работы по монтажу распределительных устройств, изготовление которых в виде комплектных ячеек и блоков выполняется на заводах отечественной промышленности: КРУ-6/10, КРУБ-35, КРУБ-110, КРУЭ-110 кВ и выше. Крупноблочное комплектное электрооборудование является основным источником индустриализации электромонтажных работ. При применении комплектных крупноблочных элементов электроустановок, трансформаторных подстанций (КТП), распре-

лительных устройств (КРУ и КСО), преобразовательных подстанций (КПП), выпрямительных полупроводниковых подстанции (КВПП), конденсаторных установок (ККУ), комплектных устройств управления электроприводами достигается значительный эффект в уменьшении стоимости монтажа и сокращении сроков его выполнения, а также улучшается качество электроустановок, повышаются надежность и безопасность их эксплуатации.

Монтаж внутрицеховых КТП сводится к установке их на заранее подготовленный фундамент. Если требуется специальное помещение для отдельно стоящих или пристроенных подстанции, то сроки выполнения и стоимость строительной части таких помещений значительно уменьшаются при применении крупных панелей или объемных блоков. К числу таких электроустановок из объемных элементов относятся посты управления электроприводами механизмов, помещения пультов и станций управления, машинных залов. На монтажную площадку в этом случае поставляются совершенно готовые комплектно смонтированные и оборудованные помещения постов и станций управления, которые устанавливаются на подготовленные проектные места и соединяются внешними кабелями с другим электрооборудованием

Широкое применение при монтаже электрооборудования предприятий имеют комплектные шинопроводы и токопроводы. Помимо магистральных и распределительных шинопроводов типа ШМА и ШРА выпускаются шинопровод осветительный серии ШОС и троллейный серии ШТМ для подъемно-транспортных механизмов.

Современные индустриальные методы монтажа характеризуются широким использованием при производстве электромонтажных работ унифицированных деталей и изделий. Эти изделия и детали применяются при подготовке трасс для прокладки проводов, кабелей и шин, при их прокладке, закреплении, соединении и присоединении к приборам и аппаратам для защиты от воздействия окружающей среды и механических повреждений, для установки аппаратов, приборов, светильников и т. д.

Монтажные изделия и детали изготавливаются для всех видов электрических установок и для всех видов электромонтажных работ и операций. Номенклатура непрерывно пополняется. Изделия и детали заводского изготовления дают значительную экономию трудовых затрат, ускоряют монтаж, улучшают условия труда.

Изделия из перфорированной стали: полосы, ленты, швеллеры, рейки, монтажные профили с перфорацией — удобны для изготовления опорных и крепежных конструкций с минимальными трудовыми затратами. Из них изготавливают рамы и каркасы для сборки щитков и пусковых устройств, для подвески собранных в блоки светильников и для крепления труб, проводов и кабелей. Распорные дюбеля и дюбеля, забиваемые ручной или пиротехнической оправкой и встраиваемые пистолетом, создают прогрессивные способы крепления

с минимальной затратой времени. Помимо распорных металлических дюбелей с волокнистым наполнителем и с конической гайкой применяются капроновые дюбеля, устойчивые к динамическим нагрузкам и вибрации, коррозии, с возможностью применения во влажных и химически активных средах.

Изделиями из полимерных материалов для крепления открыто прокладываемых проводов и небронированных кабелей по основаниям являются полиэтиленовые эластичные скобы и полиэтиленовые закрепы с зубчатыми полосками, пружками.

Лотки и короба в виде легких металлических конструкций для прокладки проводов и кабелей обладают большими преимуществами по сравнению со стальными трубами. Они удобны в монтаже, обеспечивают возможность прокладки по сложным трассам, свободный доступ и легкую замену проводов и кабелей. Лотки комплектуются разными деталями заводского изготовления: разделительными уголками, прижимами для крепления их к кабельным полкам, подвесками с пружками для укладки кабелей и проводов на лотках и крепления их пучками бандажной лентой).

Развитие индустриальных методов монтажа тесно связано с повышением уровня механизации. Под механизацией работ понимают выполнение ЭМР с помощью механизмов и приспособлений. Механизация работ, выполняемых в мастерских, осуществляется с помощью различных станков и механизмов. При этом для работ массового характера, например заготовки ошиновки, стальных и пластмассовых труб, электропроводок, крепежных конструкций и т. д., в мастерских крупных монтажных организаций из комплекса станков и механизмов создают специальные технологические линии, на которых последовательно производят все необходимые операции по обработке данной заготовки.

Механизация электромонтажных работ имеет два основных направления:

1) использование универсальных механизмов и подъемно-транспортных машин для механизации трудоемких процессов; это, в частности, бурильно-крановые машины, телескопические вышки, гидроподъемники;

2) применение общестроительных инструментов, разработка и применение различных приспособлений при выполнении отдельных монтажных операций; это, в частности, различный электроинструмент, строительного-монтажные пистолеты, переносные прессы для оконцевания и соединения проводов и жил кабелей.

Монтаж сложного и дорогостоящего оборудования (мощные трансформаторы, новые выключатели на 110 кВ и выше, электрооборудование фирм «Сименс», АББ и др.) выполняется, как правило, с привлечением шефмонтажного персонала от поставщика оборудования. Этот персонал в соответствии с договором поставки оборудования осуществляет руководство его монтажом и испытаниями.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите структуру электромонтажного управления и функции его подразделений.
2. Какие основные нормативные документы, регламентирующие электромонтажные работы, вы знаете?
3. Перечислите изменения в организации и управлении электрохозяйством потребителей, влияющие на системы монтажа, эксплуатации и ремонта электрооборудования.
4. Опишите содержание разделов технической документации проекта производства электромонтажных работ.
5. Что такое монтажно-технологическая зона?
6. Какова сущность индустриального метода производства электромонтажных работ?

2.1. Организация и подготовка электромонтажного производства

Весь комплекс ЭМР подразделяется на три этапа:

- 1) подготовка производства;
- 2) собственно производство ЭМР;
- 3) испытания и сдача в эксплуатацию.

Важнейшим этапом в комплексе ЭМР, определяющим успешное их выполнение в заданные сроки, является подготовка производства, выполняемая отдельными звеньями (см. рис. 1.1).

Участок инженерной подготовки производства (УИПП) объединяет работу двух групп: перспективной (ГрПП) и текущей (ГрТП) подготовки производства. В период выполнения проекта ГрПП устанавливает контакт с проектными организациями в целях наиболее полного отражения в проекте требований индустриализации ЭМР, применения укрупненных типовых монтажных узлов, блоков и конструкций, комплектного электрооборудования и наиболее технологичных электромонтажных материалов и изделий, монтажных механизмов и машин. Совместно с ГрТП и СДО ГрПП разрабатывает проект производства работ (ППЭР), в котором рассматриваются все организационные и технические вопросы по выполнению электромонтажных работ.

Группа текущей подготовки готовит заказы и калькуляции на изготовление изделий, узлов и блоков в МЭЗ, составляет и согласовывает график их поставки на объект, составляет лимитно-комплектовочные ведомости поставки оборудования и материалов комплексно по объектам и зонам монтажа, а также для изделий МЭЗ, руководит работой замерщиков, составляющих эскизы и чертежи по месту на объекте монтажа, подготавливает приемосдаточную документацию, осуществляет авторский надзор за реализацией ППЭР.

Участок комплектации, складирования и транспорта (УКСТ) является одним из звеньев инженерной подготовки производства, задачей которого является превратить подготовку производства, снабжение, комплектацию, доставку на строительную площадку всего необхо-

димого и собственно монтаж в один непрерывный технологический процесс. УКСТ объединяет работу группы реализации (ГР), группы складирования (ГС), группы комплектации (ГК) и группы транспортирования (ГТ).

ГР обеспечивает получение материалов и оборудования, а также продукции заводов электромонтажных изделий, инструмента, приспособлений, спецодежды и т.д.

ГС ведет механизированное складское хозяйство, хранение, учет и отпуск материалов и оборудования. Механизация складских операций и правильная организация складского хозяйства — важный элемент организации производства электромонтажных работ. Склады электромонтажных управлений оснащены штабелерами и кранами, позволяющими механизированным способом вести комплектацию материалов и изделий МЭЗ в контейнеры для доставки их в монтажную зону. Для сокращения погрузочно-разгрузочных работ и транспортных перевозок ряд управлений перенесли на территорию склада работы по мерной резке проводов больших сечений и небронированных кабелей с помощью механизма КМБ-4 и технологические линии по заготовке бронированных кабелей, ранее размещаемые в МЭЗ.

ГК обеспечивает контейнеризацию и пакетирование материалов и оборудования по лимитно-комплектовочным ведомостям по объектам и зонам монтажа. ГТ осуществляет перевозку материалов, оборудования и изделий МЭЗ по заявкам ГР и ГК. Внедрение комплектации и централизованной контейнерной доставки материалов на монтажные объекты, комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ обеспечивают рост производительности труда на 10...12%.

Сметно-договорной отдел (СДО) ведет подготовку и оформление договора на производство работ, проверку и согласование сметной документации, проверку правильности применения районных коэффициентов к местным условиям, контроль правильности расчетов за выполненные работы, проверку совместно с ГрПП сметной стоимости этапов работ.

До начала производства электромонтажных работ на объекте должны быть выполнены следующие мероприятия:

- получена подрядчиком проектно-техническая документация, утвержденная штампом заказчика «к производству работ»;
- согласованы между подрядчиком и предприятиями-поставщиками график поставки оборудования с учетом технологической последовательности производства работ, перечень сложного электрооборудования, монтируемого с привлечением шефмонтажного персонала предприятий-поставщиков, условия транспортирования к месту монтажа тяжелого и крупногабаритного электрооборудования;
- подготовлены помещения для размещения бригад рабочих, инженерно-технических работников, производственной базы, а также для складирования материалов и инструмента;

- осуществлена приемка по акту строительной части объекта под монтаж электрооборудования и выполнены предусмотренные нормами и правилами мероприятия по охране труда, противопожарной безопасности, охране окружающей среды.

При приемке оборудования в монтаж производится его осмотр, проверка комплектности (без разборки), проверка наличия и срока действия гарантий предприятий-изготовителей. Результаты осмотра оформляются соответствующим актом.

Электрооборудование при монтаже вскрытию и ревизии не подлежит, за исключением случаев, когда это предусмотрено государственными и отраслевыми стандартами или техническими условиями, а также случаев длительного хранения оборудования с нарушением заводских инструкций. Разборка оборудования, поступившего опломбированным с предприятия-изготовителя, запрещается. Деформированное и поврежденное электрооборудование подлежит монтажу только после устранения повреждений и дефектов.

Электрооборудование, на которое истек нормативный срок хранения, указанный в государственных стандартах или технических условиях, принимается в монтаж только после проведения предмонтажной ревизии, исправления дефектов и испытаний. Результаты проведенных работ должны быть занесены в формуляры, паспорта и другую сопроводительную документацию на оборудование, должен быть составлен акт о проведении указанных работ.

Перед началом электромонтажных работ производится приемка под монтаж строительной части объектов в соответствии со следующими правилами.

1. Готовые помещения и сооружения, сдаваемые под монтаж, должны соответствовать проектным размерам и схемам расположения закладных частей и отверстий.

2. При приемке от строительных организаций для монтажа электрооборудования зданий, сооружений и машинных залов, фундаментов под электрооборудование, фундаментов под конструкции открытых подстанций проверяются габариты помещений и камер, основные размеры фундаментов, расположение фундаментных болтов, состояние строительных работ и готовность сооружений для производства электромонтажных работ в две стадии. Допуски и отклонения от проектных размеров должны удовлетворять требованиям действующих Строительных норм и правил (СНиП).

3. Строительные и отделочные работы в помещениях распределительных устройств, щитов, в камерах трансформаторов, машинных залах, их подвалах и других электрических помещениях должны быть выполнены полностью до начала монтажа. Помещения должны быть освобождены от лесов и подмостей и очищены от строительного мусора. Входы во все электропомещения должны быть заперты.

Фундаменты машин должны быть освобождены от опалубки и оштукатурены или затерты, пробки извлечены из отверстий, ра-

ковины и пустоты заделаны, наплывы бетона сняты. Фундаменты крупных и средних машин сдаются под монтаж с реперами, осевыми планками и приложением материалов геодезической съемки (формулярами).

Верхние поверхности (площадки) на черновой отметке фундамента должны быть ровными и горизонтальными, допускается наличие впадин до 10 мм и уклон до 0,01.

Все отделочные и санитарно-технические работы должны быть закончены до начала работ по осмотру и сушке электрических машин, вентиляционные каналы высушены и покрашены, двери вентиляционных каналов навешены. Во время монтажа температура в электромашиных помещениях и их подвалах не должна быть ниже 5 °С.

4. Готовность электропомещений, кабельных тоннелей и каналов, фундаментов и других сооружений под монтаж электрооборудования оформляется актом, подписываемым представителями заказчика, строительной и электромонтажной организаций. При сдаче под монтаж фундаментов для установки электрооборудования, монтаж которого осуществляется с привлечением шеф-монтажного персонала заводов-изготовителей, в приемке фундамента участвует также представитель организации, осуществляющей шеф-монтаж.

5. Монтажные проемы в стенах строящихся зданий для транспортирования тяжелого оборудования, а также укрупненных блоков должны быть выполнены в соответствии с проектом установки или проектами производства работ.

6. Строительные леса и подмости, которые могут быть использованы для монтажа электрооборудования, должны разбираться и удаляться лишь после выполнения электромонтажных работ на соответствующих участках.

7. Принимаемые в монтаж железобетонные мачты и колонны наружного освещения, железобетонные порталы открытых подстанций и металлоконструкции, изготавливаемые строительными организациями, должны быть снабжены паспортами, а также должно быть проверено соответствие их технических данных и размеров строительным чертежам.

8. При монтаже электрооборудования, связанного с технологическими механизмами, последние должны быть к началу электромонтажных работ закончены монтажом в объеме, предусмотренном совмещенным графиком работ.

9. Борозды, пустоты, каналы, ниши, отверстия в стенах и междуэтажных перекрытиях зданий, необходимые для монтажа электрооборудования и проводок, должны быть предусмотрены в чертежах строительной части здания и выполнены строительной организацией в процессе строительства.

10. Штукатурные и затирочные работы в помещениях, в которых монтируется скрытая электропроводка, должны выполняться после прокладки проводов или труб. При этом строительными организа-

циями должны быть приняты меры по предотвращению порчи электропроводок. Затяжка проводов при скрытой сменяемой проводке должна быть произведена до окончательной окраски стен.

11. Траншеи для прокладки кабелей в земле и контуров заземлений выполняются строительными организациями и должны быть полностью подготовлены к началу укладки кабеля или контура заземления. Дно траншеи для кабельной прокладки очищается от строительного мусора. В местах пересечений траншей с другими подземными сооружениями и дорогами закладываются трубы. Кирпич или бетонные плиты для механической защиты кабелей (если такая защита предусмотрена проектом) заранее развозятся вдоль трассы.

12. Люки кабельных тоннелей, каналов и колодцев должны быть закрыты запирающимися крышками, а входы в тоннели заперты. В тоннелях и каналах должны быть установлены предусмотренные проектом закладные части для крепления кабельных конструкций. Внутри колодцев должны быть установлены лестницы, закладные устройства и решетки на водосборниках. Из тоннелей, каналов и колодцев должна быть удалена вода. Трубы для прокладки кабелей основными размерами: внутренним диаметром и радиусом изгиба — должны строго соответствовать проекту. Блоки до засылки земель и трубы до укладки бетона принимаются по акту от строительной организации электромонтажной организацией и заказчиком. При приемке блоков проверяются соответствие трассы проекту, правильность укладки труб и устройство стыков, а также качество выполнения гидроизоляции. Каналы кабельных блоков очищаются и осушаются. Правильность укладки блоков и труб проверяется двукратным протягиванием поперочного стального цилиндра диаметром, равным 0,9 диаметра трубы или канала блока. Тоннели, блоки, каналы и колодцы должны иметь предусмотренную проектом гидроизоляцию и дренаж. Поверхность земли по трассе тоннеля, канала или блоков должна быть спланирована так, чтобы избежать затопления колодцев дождевыми и талыми водами.

13. Установка бетонных, железобетонных или металлических конструкций на открытых подстанциях, распалубка фундаментов под оборудование, сооружение кабельных каналов с перекрытиями, постоянное или временное ограждение вокруг подстанций, а также планировка территории должны быть закончены до начала монтажа электрооборудования. Для открытых подстанций напряжением до 110 кВ включительно до начала монтажа электрооборудования должны быть выполнены полностью все строительные работы согласно проекту.

14. Трансформаторная башня с подъемными средствами или портал для подъема активной (выемной) части трансформатора или колокола (если они предусмотрены проектом), а также система масляных трубопроводов подстанций и баки для масла полностью заканчиваются строительством и монтажом до начала осмотра трансформаторов и сборки масляных выключателей.

15. Участки помещений, где производится монтаж силового электрооборудования, силовых и осветительных проводок и электрооборудования подъемных кранов (мостовых и козловых), защищаются от попадания атмосферных осадков. Посадочные площадки и лестницы устанавливаются до начала монтажа электрооборудования на кранах.

2.2. Интеллектуализация и механизация электромонтажных работ

Важной функцией управления процессом производства электромонтажных работ является планирование. Одной из задач планирования является нахождение вариантов рациональной взаимосвязи этапов производства электромонтажных работ, взаимная увязка работ во времени при условии непрерывности их выполнения (особенно при производстве работ в действующих электроустановках).

Наиболее простой формой планирования работ является составление календарного плана-графика работ, представляющего собой документ, регламентирующий поставку во времени оборудования и комплектующих изделий, потребность в механизмах, машинах, трудовых и энергетических ресурсах, распределение капитальных вложений и объемов электромонтажных работ.

Линейные календарные графики работ являются консервативными в своем исполнении и отражают только одну возможную ситуацию хода работ. При возникающих отклонениях во времени и во взаимосвязи по факторам производства эта модель должна быть скорректирована или построена заново.

При планировании электромонтажных работ используются сетевые модели, основными элементами которых являются *сетевые графики*.

Разработка такого графика начинается с установления перечня работ, которые необходимо выполнить, определения их продолжительности, рациональной технологической последовательности и взаимосвязей между ними. Основные составляющие сетевого графика — события и работы. Каждая работа, отраженная в графике, имеет свою продолжительность: детерминированную, устанавливаемую нормативами времени, или вероятностную, устанавливаемую, например, на основе статистических данных. Работа может быть фиктивной, не требующей временных затрат, но указывающей на возможность начала данной работы только после завершения другой (установка трансформатора возможна только после затвердевания железобетонного фундамента). Событие представляет собой завершение одной или нескольких работ, создающих возможность для начала других работ.

Цепь последовательных работ, соединяющая исходное и завершающее события, называется *полным путем сетевого графика*.

Полный путь, имеющий наибольшую продолжительность, называется *критическим путем*, по отношению к которому все остальные пути сетевого графика имеют резерв времени.

Обычно разработку и анализ сетевых моделей выполняют в два этапа. На первом этапе строят сетевой график и рассчитывают все его параметры, на втором этапе — осуществляют анализ, корректировку и оптимизацию сетевого графика. Процесс оптимизации сетевого графика по времени заключается, прежде всего, в сокращении продолжительности критического пути.

Здесь можно выделить три способа оптимизации.

Первый способ заключается в такой корректировке сетевого графика, которая позволяет сократить продолжительности работ критического пути за счет ресурсов (трудовых и материальных), отведенных для работ, не лежащих на критическом пути. Эти работы могут быть отодвинуты на какое-то время, поскольку сроки их выполнения не влияют на конечный срок.

Второй способ оптимизации состоит в изменении топологии сети графика. Это осуществляется введением в сетевую модель многовариантной технологии выполнения работ, установлением новых путей и взаимосвязей работ и сокращением в конечном итоге критического пути.

Третий способ оптимизации связан с расчленением продолжительных работ на отдельные параллельно выполняемые работы (части).

В целом система сетевого планирования позволяет наглядно представить и оценить объем электромонтажных работ, осуществить более обоснованное планирование и оперативное управление этими работами.

Средствам механизации электромонтажных работ. К ним относятся инструменты, приспособления и механизмы общего назначения и специализированные; специализированные мастерские и станции механизации на автомобилях и автоприцепах; механизмы и оборудование для мастерских электромонтажных заготовок.

Рассмотрим наиболее распространенные в электрохозяйстве потребители средства механизации.

Электрифицированные инструменты находят широкое применение в электромонтажном производстве как на монтажных площадках, так и в мастерских. На практике предпочитают инструменты с двойной изоляцией, обеспечивающие высокую степень безопасности. При использовании инструмента с одинарной изоляцией следует обязательно применять его совместно с защитно-отключающими устройствами или работать на пониженном напряжении.

Широко применяются электрические сверлильные машины. Для разрушения бетонных и кирпичных конструкций, образования в них отверстий, борозд, ниш и т.п. применяются инструменты ударного действия: электролодки, перфораторы и бетоноломы. Для повы-

шения производительности труда используются электрогайковерты со сменными торцевыми ключами и электрошуруповерты, в комплект которых входят сменные рабочие наконечники, отвертки, торцевые головки с размерами под разные ключи. Применяются и электрошлифовальные машины и электроножницы; электрорубанки и электродолбежники; электротрамбовки; дисковые электропилы и заточные станки для заточки пильных дисков, долбежных цепей и строгальных ножей.

Для питания электроинструмента может применяться частота, отличная от 50 Гц и пониженное напряжение. Поэтому широко применяются преобразователи частоты, понижающие трансформаторы, защитно-отключающие устройства.

Пневматические инструменты и механизмы не нашли широкого применения в электромонтажном производстве, так как эксплуатация их связана с использованием дорогих компрессорных установок и разветвленной сети трубопроводов сжатого воздуха при относительно низком КПД. Однако безопасность пневматического инструмента в эксплуатации, простота конструкций, легкость, надежность, долговечность обуславливают целесообразность его применения в мастерских монтажно-заготовительных участков и на объектах с сосредоточенным объемом работ. Из пневмоинструмента наибольшее распространение получили пневматические сверлильные и шлифовальные машины, рубильные и отбойные пневматические машины, пневмогайковерты. Используют красконагнетательные баки и ручные пневматические краскораспылители.

Пороховые инструменты получили большое распространение в строительном-монтажных работах. Это объясняется высокой производительностью, превышающей в 3 — 3,5 раза производительность других инструментов, применяемых в аналогичных работах, и широкой маневренностью, так как их применение возможно при отсутствии посторонней энергии.

Наибольшее применение получили пистолеты и оправки для забивки дюбелей. Применяют и узкоспециализированные инструменты: пороховая колонка УК-2М для пробивки отверстий в пустотелых плитах бетонных перекрытий, прессы для опрессовки кабельных наконечников и образования контактных лопаток на однопроволочных алюминиевых жилах, прессы для просечки отверстий в стальных листовых конструкциях.

Крепежные детали дюбеля, используемые при работе с поршневыми пистолетами, различны по своим формам и размерам. Наибольшее распространение получили дюбель-гвозди (рис. 2.1, *a*), которые применяются для постоянных креплений, не требующих съема закрепленных с их помощью деталей и конструкций. Для фиксации дюбеля в направлятеле пистолета на его цилиндрическую часть надевается стальная шайба с плотной посадкой. Вариант — полиэтиленовый наконечник (рис. 2.1, *д*), надеваемый на заостренную часть дюбеля.

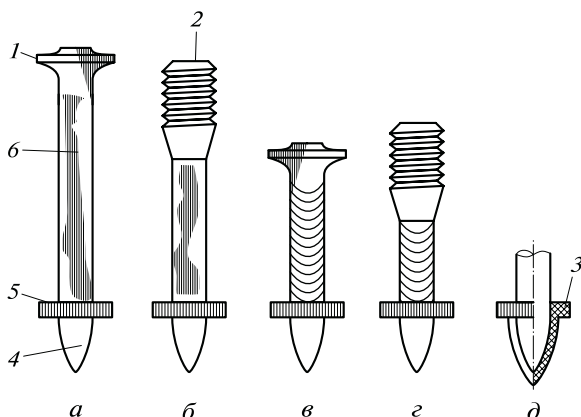


Рис. 2.1. Дюбеля к строительно-монтажному пистолету ПЦ-52-1:

a — дюбель-гвоздь ДГП; *б* — дюбель-винт ДВП; *в* — дюбель-гвоздь ДГПМ; *г* — дюбель-винт ДВПМ; *д* — полиэтиленовый наконечник; 1 — головка дискообразная; 2 — резьбовая головка; 3 — полиэтиленовый наконечник; 4 — заостренная часть; 5 — шайба; 6 — стержень

Для съемных креплений используют дюбель-винт ДВП (рис. 2.1, б). Дюбеля применяются для забивки в бетонные, кирпичные и другие подобные основания. Когда надо забить дюбель в металлические основания, используют дюбель-гвозди и дюбель-винты ДГПМ (рис. 2.1, в), ДВПМ (рис. 2.1, г). У этих дюбелей на цилиндрической части стержня сделана накатка, служащая для более прочного закрепления дюбеля в металлических конструкциях.

Пороховая оправка типа ОДП-4М (рис. 2.2) применяется в электромонтажных работах наряду с пороховыми пистолетами. Это объ-

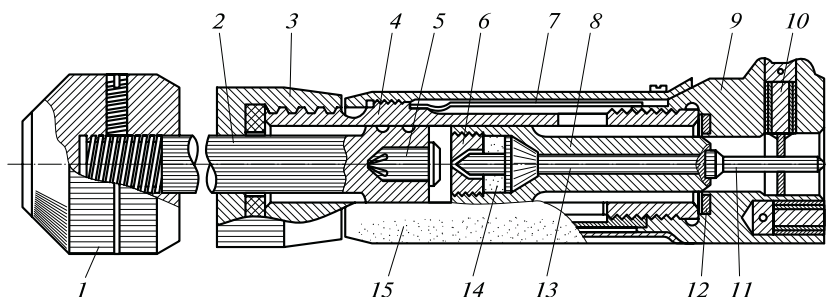


Рис. 2.2. Пороховая оправка типа ОДП-4М:

1 — гайка концевая; 2 — шток зарядный; 3 — гайка запорная; 4 — корпус; 5 — патрон; 6 — гайка поршневая; 7 — глушитель; 8 — поршень; 9 — фланец; 10 — фиксатор магнитный; 11 — дюбель; 12 — втулка фланца; 13 — ударник; 14 — шайбы резиновые; 15 — кожух

яняется простотой ее конструкции и условий эксплуатации. Оправка не имеет сложного ударно-спускового механизма, количество деталей в оправке небольшое, она имеет меньшую массу, чем пистолет. Поставляется в инвентарном металлическом футляре с комплектом сменных и запасных частей и принадлежностями для обслуживания.

При монтаже электрооборудования и сетей широко применяются **грузоподъемные механизмы и приспособления, подъемники и приспособления для работы на высоте**. Грузозахватными приспособлениями являются стропы (рис. 2.3) для крепления груза к крюку грузоподъемного механизма, приспособления для подъема кабельных барабанов. К грузоподъемным механизмам относятся тали (ручные шестеренные, червячные, рычажные), лебедки (с ручным и электроприводом).

Грузоподъемное приспособление типа ППП-0,4 (рис. 2.4) для подъема, опускания и перемещения грузов при выполнении строительно-монтажных работ приводится от электросверлильной машины и может работать при помощи ручного привода. Для тех же целей применяют монтажный грузоподъемный механизм типа ВМС-50 (его лебедку можно приводить в движение вручную с помощью рукоятки); лебедка типа ЛМ-1М (вращение барабана осуществляется через

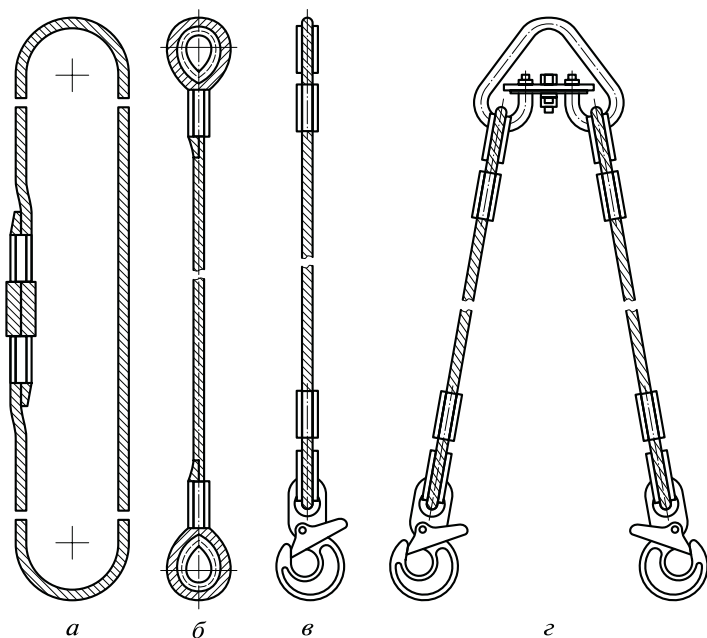


Рис. 2.3. Типовые стропы:

а — универсальный кольцевой; *б* — облегченный с коушами; *в* — облегченный с коушем и крюком; *г* — двухветвевой с крюками

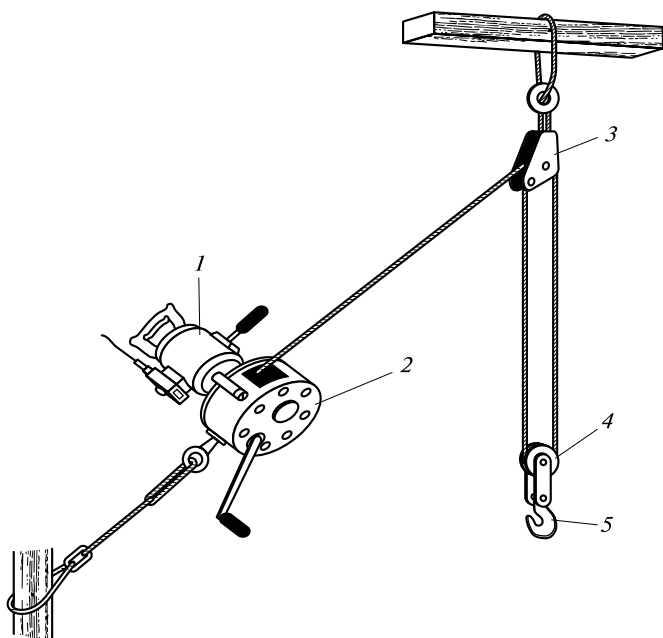


Рис. 2.4. Грузоподъемное приспособление типа ППП-0,4:

1 — электросверлильная машина; 2 — лебедка; 3 — неподвижный блок; 4 — подвижный блок; 5 — крюк

цилиндрический трехступенчатый редуктор фланцевым электродвигателем).

Для регулирования высоты установки фундаментных плит при монтаже крупных электрических машин и другого оборудования применяют малогабаритные гидравлические домкраты; для выверки машин и другого оборудования при установке их на фундамент — установочные домкраты.

Подъемники и приспособления для работы на высоте применяются для подъема рабочих, инструмента и материалов на высоту более 10 м внутри и на фасадах зданий, монтажа линий электропередачи и наружного освещения: телескопические автовышки и гидравлические подъемники с шарнирной стрелой, которые имеют преимущество по сравнению с автовышками, так как позволяют перемещать люльку с рабочими и инструментом на высоте в любую сторону без перемещения шасси гидроподъемника. Вышки и подъемники применяют при наличии свободных проездов, обеспечивающих маневрирование и установку подъемных средств в соответствии с требованиями их эксплуатации.

Сварочное оборудование и приспособления. Электросварка и резка стальных конструкций являются наиболее распространен-

ным способом соединения деталей. Оборудование для электросварки имеет небольшую массу и сравнительно легко перемещается в монтажных условиях и обеспечивает высокую прочность сварных швов. Электросварка выполняется как на переменном, так и на постоянном токе. В качестве источников переменного тока применяются сварочные трансформаторы, постоянного — сварочные выпрямители и преобразователи.

Для полуавтоматической сварки конструкций из углеродистых и нержавеющей сталей, меди, алюминия и его сплавов плавящимся электродом в среде защитных газов применяют полуавтомат типа ПРМ-4. Для полуавтоматической сварки меди и меди со сталью плавящимся электродом под слоем флюса — полуавтомат типа ПДШМ-500.

Оборудование для газовой сварки. Ацетиленовые генераторы, применяемые для сварки и резки металлов, классифицируются:

- по роду установок — стационарные и передвижные;
- принципу действия — генераторы системы «карбид в воду», «вода на карбид» и контактные;
- производительности — 0,8; 1,25; 2; 3,2; 5; 10; 40; 80 м³/ч ацетилена;
- давлению газа в генераторе — низкого давления (до $0,1 \cdot 10^5$ Па), среднего давления (от $0,1$ до $1,5 \cdot 10^5$ Па) и высокого давления (свыше $1,5 \cdot 10^5$ Па).

Все ацетиленовые генераторы состоят из газообразователя, газосборника, предохранительного затвора и автоматического регулятора вырабатываемого ацетилена в зависимости от его потребления.

Механизмы, приспособления и инструменты для заготовки отверстий, гнезд и борозд в строительных конструкциях. Механизм типа МВБ-2 (рис. 2.5, а) для выборки борозд в гипсолитовых перегородках и кирпичных стенах с последующей укладкой в них проводов при выполнении скрытой проводки. Пороховая ударная колонка типа УК-2М (рис. 2.5, б) служит для пробивки отверстий в пустотных железобетонных деталях междуэтажных перекрытий. Колонка комплектуется запчастями и принадлежностями для обслуживания. Источник энергии для пробивки — патроны, выбор которых зависит от марки и толщины бетона.

Для выборки борозд в кирпичных стенах применяют электробороздодел типа ИЭ-6401, в комплект которого входят специальная насадка для высверливания под распределительные коробки шлямбурными резцами и пылесос. Для сверления гнезд в гипсолитовых и кирпичных основаниях под коробку с наружным диаметром 70 и 100 мм для безвмазного крепления при выполнении скрытой проводки применяют коробки типа КГС-78 и КГС-108. Приводом для коробки служит электрическая сверлильная машина.

Для сверления глухих отверстий в перегородках и стенах из различных строительных материалов для установки выключателей, розеток и коробок скрытой электропроводки применяют шлямбурные

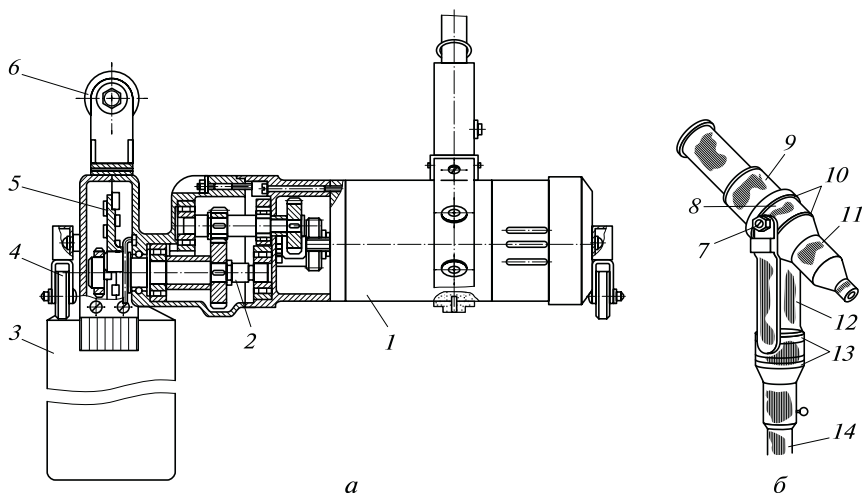


Рис. 2.5. Механизмы для заготовки штраб и отверстий:

а — механизм типа МВБ-2; *б* — пороховая ударная колонка типа УК-2М; 1 — электро-сверильная машина; 2 — редуктор; 3 — пылесборник; 4 — ролик; 5 — фреза; 6 — ручка; 7 — ось; 8 — кольцо соединительное; 9 — направляющий цилиндр; 10 — большие кольца; 11 — запорная гайка; 12 — вилка; 13 — малые кольца; 14 — штанга

резцы типа РШ. Привод — электрическая сверильная машина. Для сверления отверстий в кирпиче, керамзитобетоне, гипсолите и в других материалах с помощью электрической сверильной машины служат двухлезвийные резцы типа РД. Для пробивки отверстий в бетоне — шлямбуры с твердосплавной коронкой типа ШЛ. Применяются различные пробойники для пробивки отверстий в кирпичных и бетонных основаниях, рассчитанные на работу с пневматическим молотком и ручные. Для пробивки ниш и борозд пневматическими молотками применяют пику-ломик типа ПЛ-1, для пробивки борозд вручную — скапель с твердосплавной напайкой.

Механизмы, приспособления и инструменты для монтажа кабельных линий. Для перевозки кабельных барабанов и укладки кабеля в траншеи применяют кабельные транспортеры (рис. 2.6). Привод подъемного механизма ТКБ-6 гидравлический от двух ручных насосов. Транспортер имеет гидравлические колесные тормоза с приводом от дышла, обеспечивающие автоматическое торможение при расцеплении транспортера с автомобилем.

Для тяжения кабеля при прокладке его в подземных сооружениях применяются лебедка типа ЛМЦ-3А (рис. 2.7) и индивидуальный привод. Для укладки кабеля на лотки применяют ручные приспособления, кабельные домкраты.

Для облегчения прокладки кабелей в разнообразных условиях применяются линейные и угловые кабельные ролики, а также об-

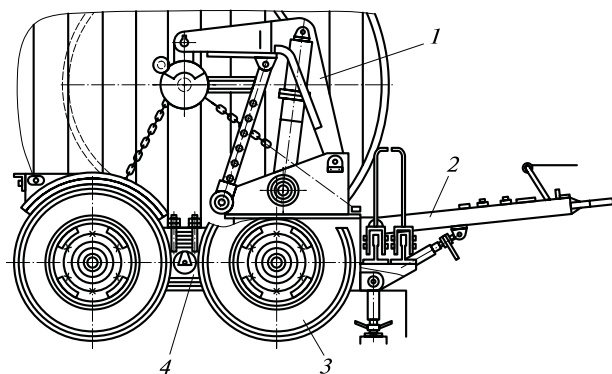


Рис. 2.6. Транспортёр кабельный ТКБ-6:

1 — приспособление для подъёма и закрепления кабельных барабанов; 2 — дышло; 3 — колесо; 4 — платформа

водные устройства. Линейные: напольный РПК-ЛМ (рис. 2.8, *а*) для прокладки кабеля в траншеях и каналах на прямых участках трассы; распорный (рис. 2.8, *б*) для поддержки кабеля на уровне кабельных полок при прокладке его в тоннелях на прямых участках трассы; распорный двухстоечный (рис. 2.8, *в*) для направления кабеля или каната на перепадах по высоте и незначительных поворотах трассы при прокладке кабеля в тоннелях; распорный двухстоечный с плавным изменением высоты установки валка (рис. 2.8, *г*) для изменения направления кабеля или каната на перепадах блочной трассы по высоте и точного направления на входе в трубный блок и при выходе из него; распорный одностоечный с вертикальным расположением валков, с плавной регулировкой высоты установки валка для обе-

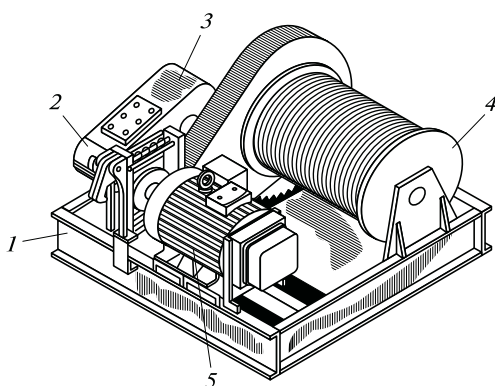


Рис. 2.7. Специальная электролебедка типа ЛМЦ-3А:

1 — рама; 2 — тормоз; 3 — редуктор; 4 — барабан с канатом; 5 — электропривод

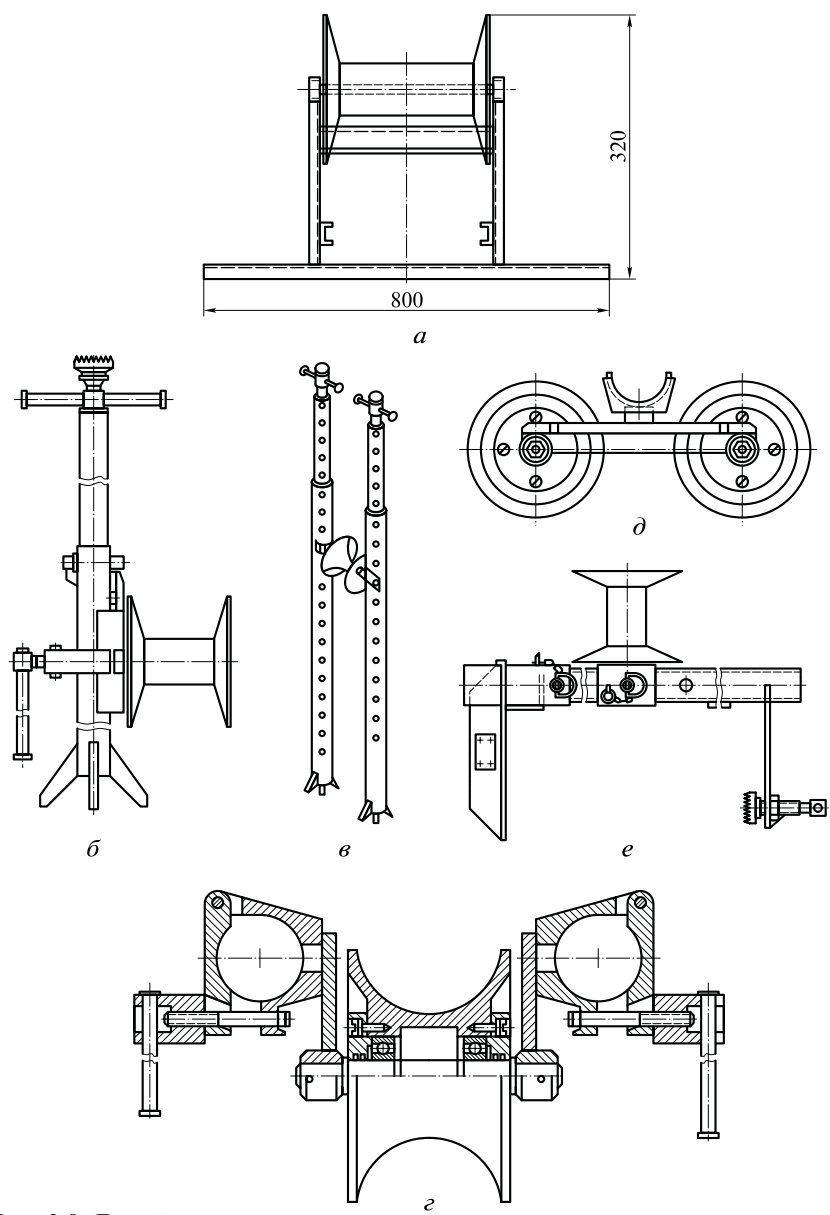


Рис. 2.8. Линейные ролики:

a — распорный; *б* — распорный двухстоечный; *в* — распорный двухстоечный с плавным изменением высоты установки вала; *г* — распорный одностоечный с вертикальным расположением валков и плавной регулировкой высоты установки вала; *д* — с креплением к колонне; *е* — для прокладки по кабельным конструкциям, прикрепленным к колоннам на прямых участках трассы

спечения небольших отклонений кабеля или каната от оси тяжения в горизонтальной плоскости; с креплением к колонне (рис. 2.8, *д*) для прокладки по кабельным конструкциям, прикрепленным к колоннам на прямых участках трассы (рис. 2.8, *е*).

Угловых кабельные ролики применяются: напольный — для направления кабеля в местах поворота трассы при прокладке его в траншеях и каналах; универсальный распорный — для предотвращения недопустимых изгибов кабеля на углах трассы при прокладке его в траншеях, каналах и тоннелях; распорный с изменением угла наклона сегмента — для предотвращения недопустимых изгибов кабеля в колодцах при разных уровнях или в тоннелях при перепадах по высоте; с креплением к колонне — для поддержания кабеля и обеспечения прохождения кабеля с допустимым радиусом изгиба на поворотах кабельной трассы.

Обводные устройства применяются: для спуска кабеля в вентиляционную шахту или колодец с кабельного барабана; для перехода каната из вентиляционной шахты в тоннель и предохранения кабеля от недопустимых изгибов; для перехода каната из вентиляционной шахты к барабану лебедки; для прохода кабеля через строительные проемы и предохранения от механических повреждений; верхнее обводное для ввода кабеля в колодец блочной трассы с допустимым радиусом изгиба; нижнее обводное для ввода кабеля из колодца в трубу блока; обводной блок для перехода каната из тоннеля в вентиляционную шахту или колодец; приспособление для направления кабеля на входе в трубный блок и предохранения кабеля от механических повреждений при входе и выходе его из трубы блочной канализации.

Применяются устройства для ограничения усилий тяжения кабеля, специальные зажимы для соединения кабеля с канатом тяговой лебедки при тяжении его за жилы, проволочный чулок для соединения кабеля с канатом тяговой лебедки при тяжении его за оболочку, кабельный захваты для зажима кабеля на промежуточных участках при необходимости создания запаса кабеля.

Для перерезания кабеля или провода используют секторные ножицы различных типов (рис. 2.9). Для заполнения резиновых муфт концевых кабельных заделок изоляционным составом существует приспособление, состоящее из шприц-пресса с и разогревателя.

Механизмы и инструменты для оконцевания и соединения жил проводов и кабелей. Гидравлический пресс типа ПГЭП-2 с электроприводом для выполнения: опрессовки наконечников и соединительных гильз на проводах и кабелях с медными и с алюминиевыми жилами сечением 16...240 мм²; скругления секторных алюминиевых жил кабеля сечением 25...120 мм²; опрессовки овальных соединителей на проводах линий электропередачи АС-120-185, АМ-16-185.

Ручной гидравлический пресс типа ПГЭ-20 с электроприводом (рис. 2.10, *а*) для опрессовки наконечников и соединительных гильз

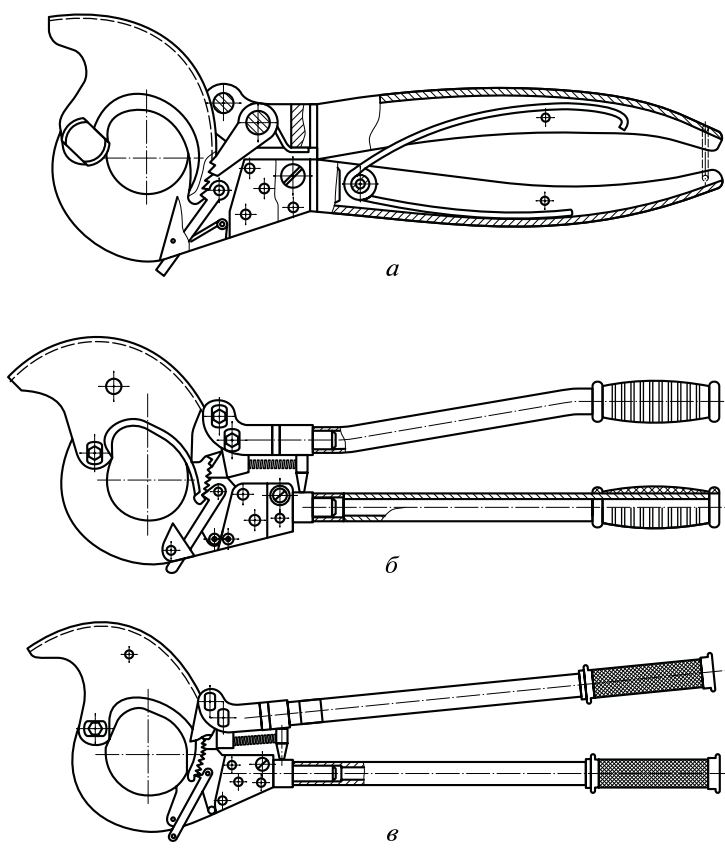
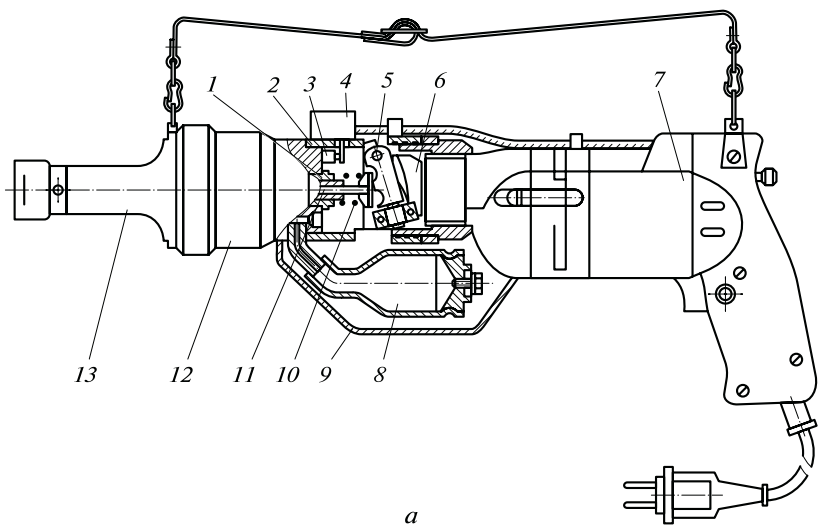


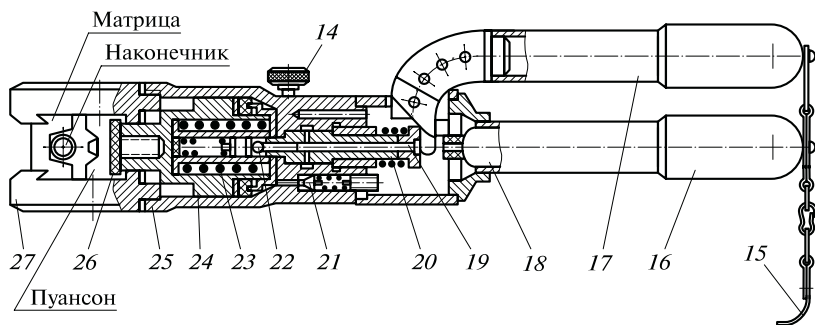
Рис. 2.9. Секторные ножницы:
а — типа НУСК-120 (НС-1); *б* — типа НУСК-300 (НС-2); *в* — типа НБК-3 (НС-3)

Рис. 2.10. Гидравлические прессы:

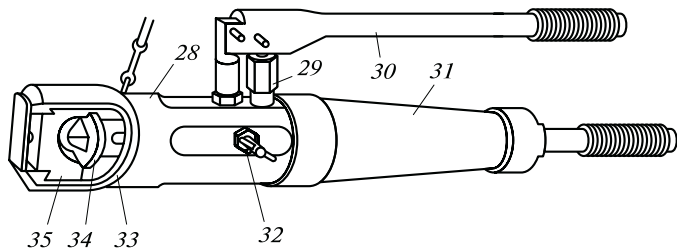
а — пресс типа ПГЭ-20 с электроприводом; *б* — пресс типа РГП-ЭМ ручной; *в* — монтажные гидроклеши типа ГКМ; 1 — нагнетательный цилиндр; 2 — переходник; 3, 21 — предохранительный клапан; 4 — отключающее устройство; 5 — рычаг; 6 — вал-кулачок; 7 — электропривод (сверлильная машина типа ИЭ-1032); 8 — баллон масляный; 9 — кожух; 10 — пружина; 11 — плунжер; 12, 25, 28 — корпус; 13 — вилка; 14 — клапан запорный; 15 — ремень; 16 — ручка неподвижная; 17 — ручка подвижная; 18 — масляный баллон; 19 — поршень нагнетающий; 20 — цилиндр; 22 — клапан нагнетательный; 23 — пружина возврата; 24 — поршень рабочий; 26 — подпятник выборка холостого хода; 27 — бугель; 29 — насос; 30 — рычаг насоса; 31 — резервуар; 32 — кран запорный; 33 — вилка; 34 — поршень с пуансоном; 35 — матрица



а



б



в

на проводах и кабелях сечением 16...240 мм² с алюминиевыми жилами; скругления секторных однопроволочных алюминиевых жил сечением 25...240 мм² и секторных комбинированных жил сечением 120...185 мм².

Ручной гидравлический пресс типа РГП-ЭМ (рис. 2.10, б) для опрессовки наконечников и соединительных гильз на проводах и кабелях с медными и алюминиевыми жилами однозубым и двухзубым вдавливанием инструментами УНИ-1А, УНИ-2А, НУСА и УНИ-1М, овальных соединителей с инструментом НИОС-2 на проводах сечением 16...185 мм² воздушных линий электропередачи, скругления секторных алюминиевых жил кабеля с инструментом ИСК, а также резки проводов и жил кабеля сечением до 185 мм² и вырубки отверстий диаметром до 43 мм в листовой стали толщиной до 2 мм с пределом прочности до 450 МПа при оснащении специальным приспособлением.

Монтажные гидравлические клещи типа ГКМ (рис. 2.10, в) для опрессовки наконечников серий ТА и ТАМ и гильз серий ГА на проводах сечением до 25 мм², наконечников серий Т и гильз серий ГМ на жилах сечением до 10 мм², гильз серий ГАО с внутренним диаметром до 6 мм, а также наконечников кольцевых серий П. Клещи поставляются в футляре и комплектуются набором инструментов (матриц и пуансонов).

Пороховой пресс типа ППО-95 предназначен для выполнения оконцевания однопроволочных алюминиевых жил кабелей сечением 25...95 мм² с образованием контактной лапки под подсоединительный болт. Оконцевание производится без применения кабельного наконечника объемной штамповкой конца жилы. Оконцевания имеют полностью оформленные контактные поверхности.

Ручные механические прессы типа РМП-7 (рис. 2.11, а) и ПМ-7 (2.11, б) используются для опрессовки кабельных наконечников и соединительных гильз на проводах и кабелях с медными и алюминиевыми жилами с однозубым и двухзубым инструментами.

Пресс-клещи типа ПК-1М (рис. 2.12, а) применяются для опрессовки алюминиевых наконечников и соединительных гильз на проводах и кабелях сечением 16...35 мм², а также гильз типов ГАО-5, ГАО-6, ГАО-8; типа ПК-2М (рис. 2.12, б) — для опрессовки алюминиевых жил в гильзах ГАО-4, ГАО-5 и медных жил сечением 4...6 мм² в наконечниках серий Т и гильз серий ГМ, а также для оконцевания медных жил сечением 1,5...2,5 мм² в наконечниках кабельных кольцевых серий П.

Механизмы, приспособления и инструменты для монтажа воздушных линий. При монтаже воздушных линий для вырубки просек применяются электрические и бензомоторные пилы различных типов, приспособления к ним для сверления отверстий; гидравлические клинья для валки подпиленного дерева; кусторезы; корчеватели; вибротрамбующие машины для уплотнения грунта.

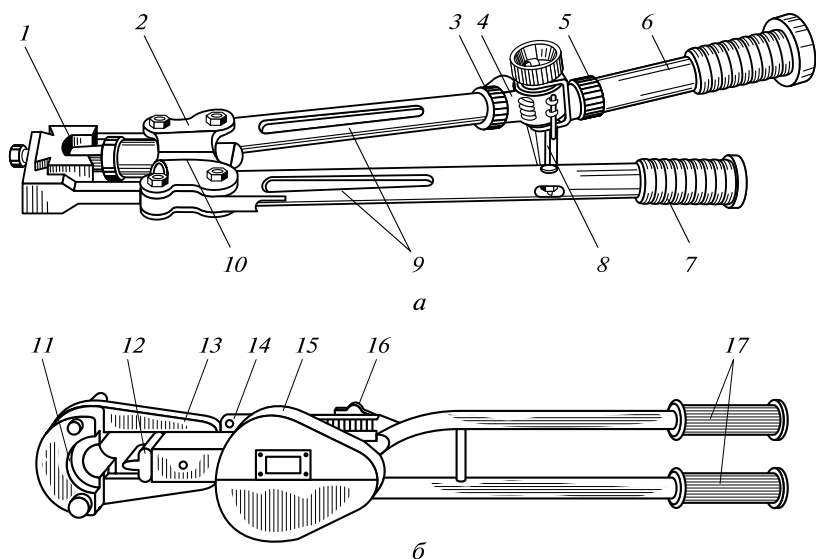


Рис. 2.11. Ручные механические прессы:

a — пресс типа РМП-7; *б* — пресс типа ПМ-7; 1, 11 — матрица; 2 — пуансонодержатель; 3, 5 — кольца; 4 — барабан правого рычага; 6, 7 — соответственно подвижная и неподвижная ручки; 8 — трос; 9 — рычаги; 10, 14 — корпус; 12 — пуансон; 13 — вилка; 15 — кожух; 16 — маховик; 17 — рукоятки

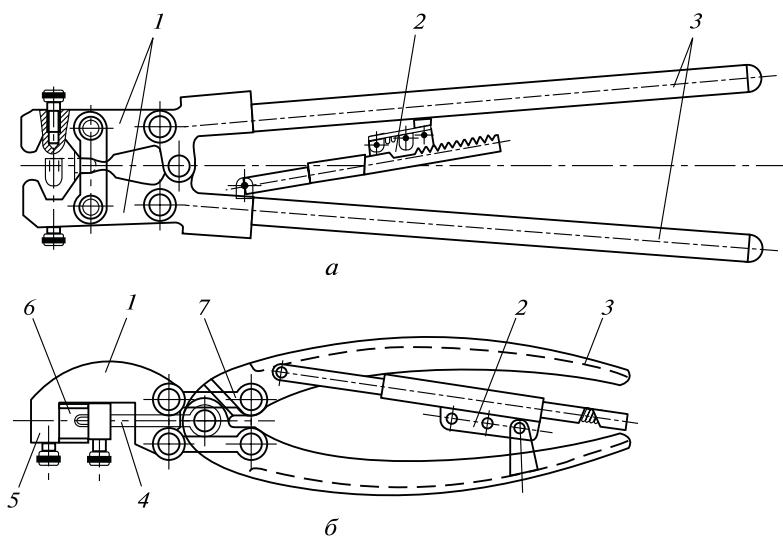


Рис. 2.12. Пресс-клещи ПК-1М (*a*) и ПК-2М (*б*):

1 — рычаги; 2 — блокировочное устройство; 3 — рукоятка; 4 — шток с пуансоном; 5 — головка для установки матрицы; 6 — матрица; 7 — тяга

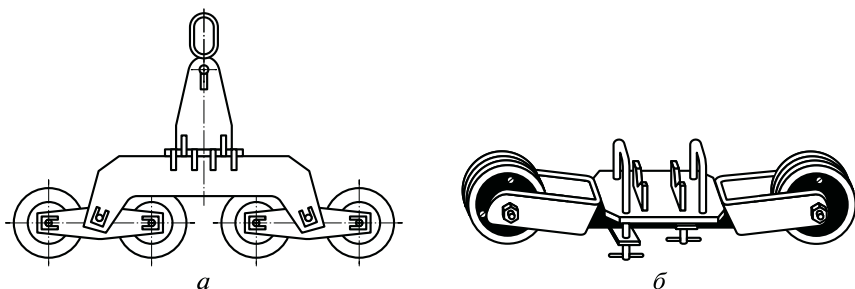


Рис. 2.13. Ролики раскаточные:

а — балансирующего типа; *б* — спаренные ролики типа РРС-2 и РРС-3

Для монтажа проводов и тросов применяются разнообразные механизмы, приспособления и инструменты. Раскатка проводов производится с помощью раскаточных тележек и роликов. Тележки оборудованы погрузо-разгрузочным устройством и тормозом для предотвращения самопроизвольного сматывания провода при уменьшении скорости раскатки и при остановке прицепа. Погрузка барабанов на тележку производится с помощью трактора. Тележка оборудована раскаточным и тормозным устройством.

Раскаточный одиночный ролик типа МР-250 предназначен для монтажа проводов и тросов диаметром до 17 мм. Диаметр блока ролика 250 мм, грузоподъемность 2 т. Ролик балансирующего типа (рис. 2.13, *а*) предназначен для монтажа проводов диаметром более 17 мм. Спаренные ролики типа РРС-2 и РРС-3 (рис. 2.13, *б*) применяют при монтаже проводов и тросов на линиях электропередачи 35, 110 и 220 кВ.

Для монтажа проводов и тросов применяются клиновые монтажные зажимы типа МКЗ. Зажим типа «лягушка» (рис. 2.14) используют для монтажа однопроволочных стальных проводов диаметром 3... 10 мм. Допустимые усилия натяжения до 5 кН.

Для соединения проводов применяют опрессовочные агрегаты, прессы, монтажные клещи. Опресовочные агрегаты с электроприводом типа ОА-100М применяются для сечения сталеалюминиевых проводов, опрессовываемых с помощью соединительных и натяжных зажимов — 400 и 500 мм²; с помощью овальных соединителей медных, алюминиевых и сталеалюминиевых проводов — 16... 185 мм². Наибольшее сечение разрезаемых сталеалюминиевых проводов 700 мм². Наибольшее усилие пресса 1000 кН. Агрегат комплектуется:

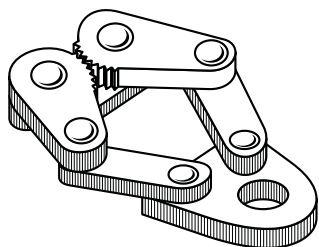


Рис. 2.14. Монтажный зажим типа «лягушка»

приспособлением для правки соединительных зажимов; сменными матрицами М-24, М-26, М-45 и М-51; набором НИОС-2 и держателями к ним.

Опрессовочные агрегаты с электроприводом типа ПО-100М и ПО-200 имеют устройства для резки проводов и комплектуются приспособлением для срезания алюминиевых повивов сталеалюминиевых проводов. Агрегат типа МИ-1Б с ручным приводом комплектуется матрицами для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов.

Пресс типа МГП-12А предназначен для опрессовки соединительных зажимов для медных проводов сечением до 240 мм^2 , сталеалюминиевых проводов до 185 мм^2 , а также кабельных наконечников на проводах и жилах кабеля до 240 мм^2 . Пресс комплектуется пуансонами и матрицами с шестигранным обжатием.

Монтажные клещи типа МИ-19А предназначены для обжатия овальных соединителей на проводах сечением до 185 мм^2 и перерезания тросов сечением до 95 мм^2 и проводов сечением до 150 мм^2 . Для перерезания тросов и проводов клещами применяют специальные матрицы марки МИ-27.

Для термитной сварки встык сталеалюминиевых и алюминиевых проводов при помощи термитных патронов используют клещи типа АТСП50-185. Сечение свариваемых проводов $50 \dots 185 \text{ мм}^2$.

Механизмы приспособления и инструменты для монтажа подстанции и распределительных устройств. Для закатывания силовых трансформаторов в камеры применяется платформа (рис. 2.15). Наибольшая мощность закатываемого трансформатора $1\,000 \text{ кВА}$. Расстояние между осями балок платформы регулируется в зависимости от размера колесной базы тележки трансформатора.

Для транспортировки камер типа КСО, щитов, шкафов, пультов управления и т. п. внутри электромашинных и других помещений, имеющих ровные полы с твердым покрытием используют тележку типа ТПБ (рис. 2.16). Грузоподъемность 20 кН . Наибольшие размеры транспортируемого оборудования: $3\,600 \times 1\,600 \times 2\,800 \text{ мм}$.

Для выполнения ошиновки распределительных устройств необходимы приспособления для изгибания и сварки шин. Применяют ручные шиногибы типа ШГП-1 (рис. 2.17, а) для изгибания медных и алюминиевых шин по плоскости (с размером медных и алюми-

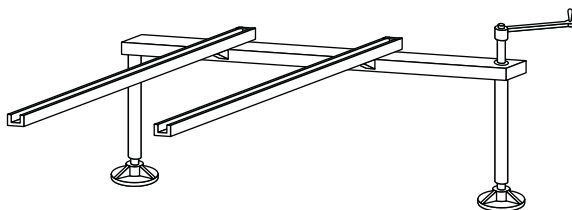


Рис. 2.15. Платформа для закатывания силовых трансформаторов в камеры

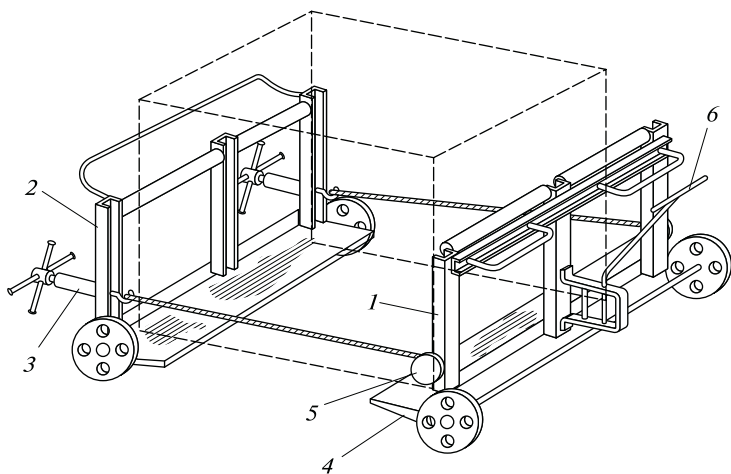


Рис. 2.16. Тележка типа ТПБ:

1 — передняя часть тележки; 2 — задняя часть тележки; 3 — натяжное устройство; 4 — площадка; 5 — барабан с канатом; 6 — ручка

нивых шин до 100×10 мм и наибольшим углом изгиба 90°) и типа ШГР-1 (рис. 2.17, б) для изгибания по ребру (с размерами медных шин от 30×3 до 100×8 мм и алюминиевых от 30×3 до 100×10 мм с наибольшим углом изгиба 90°).

Используют приспособления для сварки шин встык, для приварки ответвлений встык к шинам, для сварки пакетов шин, смонтированных «на ребро», по верхним кромкам.

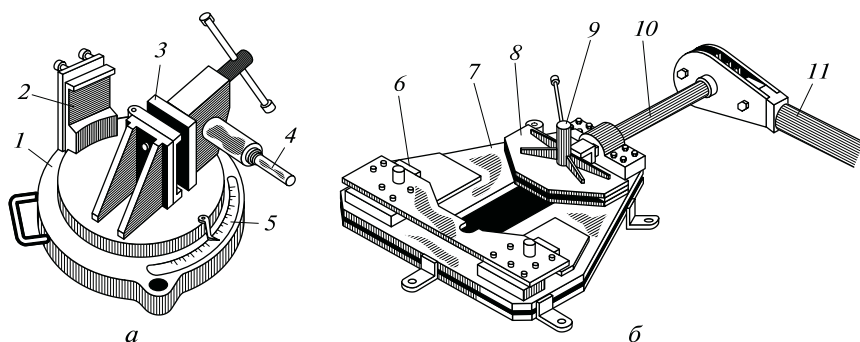


Рис. 2.17. Шиногибы ручные:

а — типа ШГП-1; б — типа ШГР-1; 1 — основание; 2 — упор; 3 — тиски; 4, 11 — рычаг; 5 — указатель угла изгиба; 6 — упор (сменный); 7 — корпус; 8 — ползун; 9 — винт зажимной; 10 — винт ходовой

Механизмы, приспособления и инструмент для обработки стальных труб в монтажной зоне и сборки резьбовых соединений.

Для снятия заусенцев в трубах применяются так называемые райберы типов Р-1 и Р-2, которые устанавливаются на ручных сверлильных машинах или станках с помощью специальных хвостовиков. Нарезание резьбы на трубах производится как с помощью ручных приспособлений с трещоткой и круглой плашкой, так и с применением универсальных станков, например типа УС, который может использоваться для отрезки, райберовки и нарезки резьбы на водогазопроводных трубах. Станок применяется непосредственно в зоне монтажа.

Основные узлы станка: станина, привод, шпиндель, патроны (передний и задний), резьбонарезная и райберовочная головки, органы управления и система смазки. При обработке труба зажимается в двух самоцентрирующихся патронах, резьбонарезная и райберовочная головки настраиваются на заданный диаметр обрабатываемой трубы и производится необходимая операция.

Для выполнения электропроводок в трубах необходимы приспособления для изгиба труб, облегчающих эту работу и препятствующих заминанию труб в месте сгиба. Гибка тонкостенных стальных труб осуществляется ручным трубогибом, например ТРТ-24 (рис. 2.18). Изгибание трубы осуществляется сменным роликом, приводимым во вращение храповым механизмом, обкатывающим трубу по шаблону. Трубогиб укомплектовывается сменными шаблонами, роликами и скобами. Трубогиб типа ТГР-2 с ручным гидроприводом для гнутья водогазопроводных труб в холодном состоянии состоит

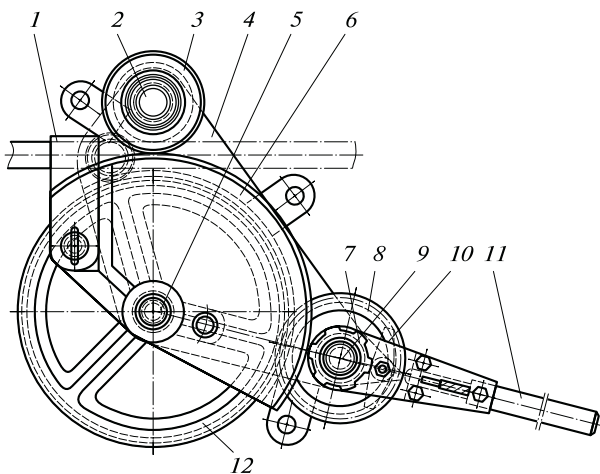


Рис. 2.18. Ручной трубогиб типа ТРТ-24:

1 — скоба (сменная); 2, 5, 9 — ось; 3 — упорный ролик; 4 — основание; 6 — шаблон (сменный); 7 — храповое колесо; 8 — ведущая шестерня; 10 — собачка; 11 — рукоятка; 12 — ведомая шестерня

из силового гидроцилиндра с рукояткой, упорных валков и набора сменных колодок. Гибка трубы выполняется без предварительной набивки песком.

Инструменты для обработки проводов. Применяют универсальные клещи КУ-1 для обработки одно-, двух- и трехжильных прово-

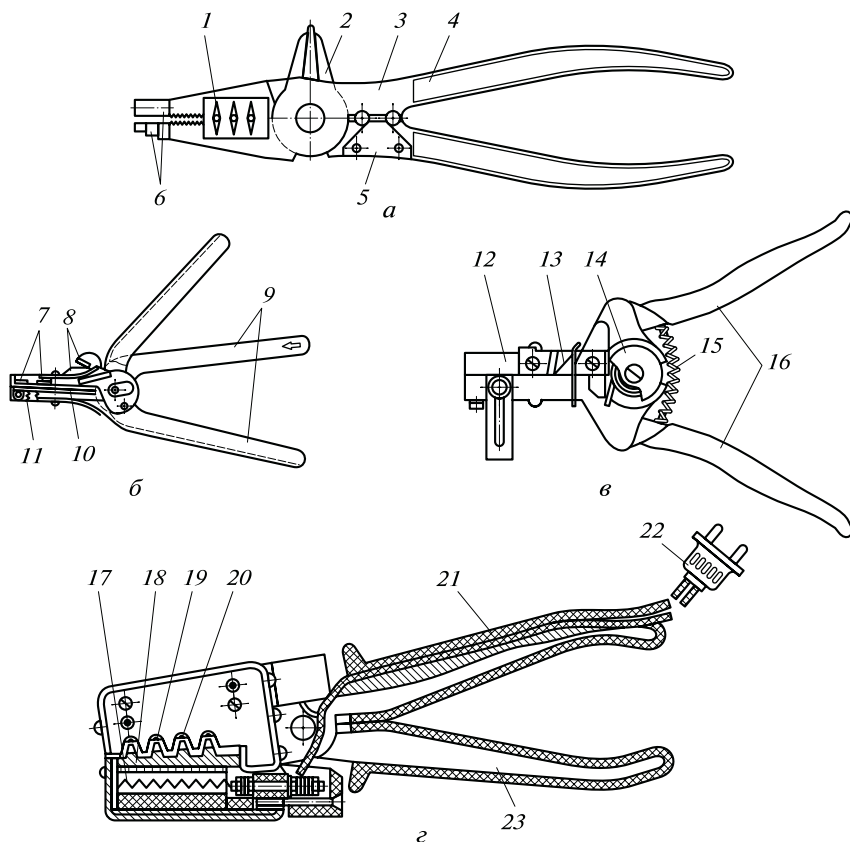


Рис. 2.19. Инструменты для обработки проводов:

a — универсальные клещи типа КУ-1; *б* — клещи типа КСИ-1; *в* — инструмент типа МБ-1; *г* — термоклещи типа ТК-1; 1 — полукольцевые ножи для снятия изоляций с проводов; 2 — режущие ножи для перерезания провода; 3 — высеочной нож для выкусывания разъединяющих перемычек; 4 — рычаги; 5 — пластинчатый нож для зачистки оголенных жил; 6 — шпильки для изготовления контактных колец; 7 — ножи для надрезания изоляций; 8 — ножи для перерезания провода; 9 — рычаги; 10 — прижим; 11 — эксцентрик; 12 — ножи; 13 — нож для надрезания изоляции; 14 — поворотная ось; 15 — пружина; 16, 23 — рычаги; 17 — нагревательные элементы; 18 — направляющая пластина; 19 — кольцевые ножи; 20 — продольные ножи; 21 — изоляционные чехлы; 22 — вилка

дов всех марок сечением до 4 мм^2 (рис. 2.19, а). Клещи обеспечивают выполнение следующих операций:

- снятие изоляции с помощью калиброванных отверстий на концах рычагов;
- откусывание провода боковыми ножами;
- выкусывание разъединяющих перемычек с помощью вырезов на плечах рычагов;
- зачистку оголенных жил с помощью ножей, установленных на одном из рычагов;
- изготовление колец с помощью ступенчатого цилиндра на одном из рычагов и гладкого цилиндра на втором.

Клещи типа КСИ-1 (рис. 2.19, б) служат для снятия изоляции с круглых проводов и шнуров, а также для их откусывания. Сечение жил обрабатываемых проводов и шнуров: $1,5$ и $2,5 \text{ мм}^2$. Клещи состоят из трех рычагов, один из которых служит для перемещения подвижного ножа, откусывающего провод, два других — для съема изоляции.

При этом один нож воздействует на прижим проводника через эксцентрик, а другой — производит круглыми калиброванными ножами надрез изоляции.

Съем изоляции с жилы происходит при разведении коротких плечей рычагов.

Инструмент типа МБ-1 (рис. 2.19, в) применяют для снятия изоляции с концов проводов и жил кабелей различных марок и сечений с резиновой и хлопчатобумажной изоляцией. Инструмент выполнен в виде клещей с двумя ручками, соединенными с рабочими губками, подпружиненными спиральной пружиной. В одной из губок размещены подвижный и неподвижный ножи, а в другой подвижный и неподвижный прижимы. Съем изоляции происходит при нажатии на рукоятки; при этом производится зажатие провода прижимами, кольцевой надрез изоляции ножами и поступательное перемещение поводка вдоль рабочих губок. При дальнейшем нажатии на рукоятки рабочие губки разводятся и сбрасывается надрезанная часть изоляции с жилы за счет перемещения выступа поводка по верхнему пазу контура, расположенного у рабочих губок.

Термоклещи типа ТК-1 (рис. 2.19, г) используют для снятия пластмассовой изоляции на любом участке провода.

Клещи состоят из двух рычагов, в короткие плечи которых вмонтированы продольные призматические и поперечные круглые калиброванные ножи, нагреваемые электрическими нагревательными элементами. Обрабатываемый провод укладывается в гнездо соответствующего сечения жил, рукоятки сжимаются, при этом изоляция одновременно надрезается и расплавляется под воздействием нагретых ножей.

Механизмы и приспособления для устройства заземления. Для рытья траншей применяется цепной траншекопатель со шнековым

отвалом, который используется и для засыпки траншей. Комплексная механизация работ при устройстве контуров заземления (рытье траншей, погружение вертикальных электродов, электросварка и засыпка траншей) достигается применением машины УЗК-1с. Забивка электродов производится с помощью вибромолота, который оснащен специальным захватом электрода.

Для электросварки контуров заземления на машине установлен сварочный аппарат. Для ввертывания электродов заземления в грунт при устройстве защитных заземлений применяют приспособления ПЗД-12 и ПВЭ.

2.3. Выполнение электромонтажных работ в две стадии

Монтаж в две стадии является одним из основных принципов современной организации работ индустриальными методами.

Первая стадия монтажа — это подготовительные и заготовительные работы, которые выполняются в мастерских МЗУ и непосредственно на монтажных объектах.

Вне зоны монтажа в мастерских МЗУ (МЭЗ) ведется подготовка к монтажу комплектных устройств, изготавливаются и собираются укрупненные монтажные узлы и блоки: трубные и шинные, узлы электропроводок и комплектные линии, участки кабельных линий, шины и электроды заземления и др. Производятся ревизия и предварительная наладка комплектуемого электрооборудования и аппаратов, проверка схем и работы пусковых устройств снятие характеристик и настройка аппаратов защиты на собранных блоках электроконструкций.

Непосредственно на объекте монтажа выполняют:

- закладку труб в фундаменты и другие строительные основания при переходе из одного помещения в другое и при выходе наружу;
- разметку и подготовку трасс электропроводок и кабельных линий;
- разметку и подготовку трасс заземления, прокладку заземляющих проводников и монтаж электродов заземления;
- установку закладных элементов и деталей для последующего крепления к ним электрооборудования и конструкций (если эти закладные детали не предусмотрены в проекте и не установлены строителями);
- контроль за образованием в процессе строительства монтажных проемов, ниш, гнезд, борозд для монтажа электрооборудования и проводов.

Работы первой стадии монтажа выполняются совместно с общестроительными работами, но после их определенной готовности:

- закладку стальных труб в опалубку фундаментов оборудования производят после установки опалубки и фундаментных болтов для крепления оборудования;
- прокладку стальных труб на перекрытиях под заливку бетоном производят после окончания бетонирования или сборки перекрытий, распалубки проемов и установки опалубки прямых и каналов;
- установку закладных частей для крепления монтажных узлов и блоков и устройство проходов для проводов производят при кладке стен или сборке из крупных панелей или блоков, а также при устройстве перекрытий и черных полов;
- закладку неметаллических труб для скрытых проводов производят после окончания кладки стен, перегородок и устройств, перекрытий и черных полов помещений;
- установку конструкций для крепления открытых проводов, монтаж труб и заземления — после окончания штукатурки стен и перекрытий и устройства черных полов в помещениях;
- установку кабельных конструкций в тоннелях, полуэтажах, колодцах блочной канализации и каналах — после окончания кладки или сборки из крупных элементов стен и перекрытий, штукатурки (затирки), установки обрамлений и перекрывающих плит и люков и удаления строительного мусора и воды;
- установку конструкций для крепления сетей освещения и питающих магистралей, прокладываемых по фермам в крановых пролетах — после пуска кранов;
- установку конструкций крепления цеховых троллеев — после укладки и выверки подкрановых путей.

К первой стадии монтажа относится также монтаж мостовых кранов, который выполняется после окончания основных строительных работ.

Вторая стадия монтажа — это собственно монтажные работы, заключающиеся:

- в установке комплектных устройств;
- монтаже отдельно стоящих машин;
- монтаже укомплектованных узлов и блоков;
- прокладке узлов проводов и кабельных линий по подготовленным трассам;
- присоединении проводов и кабелей к установленному оборудованию и электроконструкциям.

Работы второй стадии в электротехнических сооружениях выполняются в полностью законченных строительством помещениях.

Законченные строительством здания и сооружения принимаются от строительных организаций по акту для производства электромонтажных работ второй стадии. При приемке строительных сооружений под монтаж проверяется соответствие строительной готовности предъявленных к сдаче под монтаж сооружений (см. подразд. 2.1).

До начала работ второй стадии должны быть закончены строительные и отделочные работы в помещениях сборных распределительных устройств, щитов, станции управления, камерах трансформаторов, машинных залах и их подвалах и других электротехнических помещениях.

В жилых и культурно-бытовых зданиях монтаж электропроводок производится также в две стадии.

Отступления от требований в отношении состояния строительных работ, при которых возможен монтаж электрооборудования, приводят к порче оборудования; на его восстановление, очистку, повторную сушку, покраску, ревизию непроизводительно затрачиваются средства и труд.

Например, при установке комплектных камер в неоштукатуренном помещении распредустройства используются как опорные конструкции для лесов, на восстановление камер требуются значительные трудовые затраты. Прокладка кабелей в траншеях, не подготовленных полностью к началу укладки кабеля, или по трассам, в пределах которых не выполнены планировочные работы, нередко приводит к повреждениям кабелей, особенно при производстве планировочных работ.

Борозды, каналы, ниши в стенах и перекрытиях для монтажа проводок и электроконструкций должны быть предусмотрены в строительных чертежах и выполнены строительной организацией в процессе строительства. Отсутствие каналов и ниш приводит к трудоемким пробивным работам.

Преждевременное начало работ в не законченном строительством помещения является нарушением СНиП. Приемка помещений от строительной организации под монтаж электроустановок оформляется двусторонним актом.

2.4. Пусконаладочные работы

Пусконаладочные работы, сопровождающие электромонтажные работы, представляют собой комплекс работ, включающий в себя проверку, настройку и испытания электрооборудования в целях обеспечения его проектных параметров и режимов. Пусконаладочные работы осуществляются в четыре этапа.

На *первом этапе* (подготовительном) подрядчик:

- разрабатывает (на основе проектной и эксплуатационной документации предприятий-изготовителей) рабочую программу пусконаладочных работ, включающую в себя мероприятия по охране труда;
- передает заказчику замечания по проекту, выявленные в процессе разработки рабочей программы;
- готовит парк измерительной аппаратуры, испытательного оборудования и приспособлений.

На этом этапе работ заказчик:

- выдает подрядчику уставки релейной защиты, блокировок и автоматики, согласованные с энергосистемой;
- подает напряжение на рабочие места наладочного персонала от временных или постоянных сетей электроснабжения;
- назначает представителей по приемке пусконаладочных работ;
- согласовывает с подрядчиком сроки выполнения работ, учтенные в общем графике строительства.

На *втором этапе* производятся наладочные работы на отдельно стоящих панелях управления, защиты и автоматики, а также наладочные работы, совмещенные с электромонтажными работами. Начало пусконаладочных работ определяется степенью готовности строительного-монтажных работ:

- в электротехнических помещениях должны быть закончены все строительные работы, включая и отделочные;
- закрыты все проемы, колодцы и кабельные каналы;
- выполнено освещение, отопление и вентиляция;
- закончена установка электрооборудования и выполнено его заземление.

На этом этапе генеральный подрядчик обеспечивает временное электроснабжение и временную связь в зоне производства работ. Заказчик обеспечивает:

- согласование с проектной организацией вопросов по замечаниям, выявленным в процессе изучения проекта;
- авторский надзор со стороны проектных организаций;
- замену отбракованного и поставку недостающего электрооборудования, устранение дефектов электрооборудования и монтажа, выявленных в процессе производства пусконаладочных работ;
- поверку и ремонт электроизмерительных приборов.

По окончании второго этапа пусконаладочных работ и до начала индивидуальных испытаний подрядчик вносит изменения в принципиальные электрические схемы объектов электроснабжения, включаемых под напряжение.

На *третьем этапе* пусконаладочных работ выполняются индивидуальные испытания электрооборудования, в частности проверка и испытания систем охлаждения и РПН трансформаторов, устройств защиты, автоматики и управления оборудованием. Началом этапа считается введение эксплуатационного режима на данной электроустановке, после чего пусконаладочные работы должны относиться к работам в действующих электроустановках и выполняться с оформлением наряда-допуска и соблюдением технических и организационных мер безопасности.

Затем производятся индивидуальные испытания оборудования:

- настройка параметров, уставок защит и характеристик оборудования;
- опробование схем управления, защиты и сигнализации;

- опробование электрооборудования на холостом ходу.

Обслуживание электрооборудования на этом этапе осуществляется заказчиком, который обеспечивает расстановку эксплуатационного персонала, сборку и разборку электрических схем, а также осуществляет технический надзор за состоянием электрооборудования.

После окончания индивидуальных испытаний электрооборудование считается принятым в эксплуатацию.

При этом подрядчик передает заказчику протоколы испытаний электрооборудования повышенным напряжением, проверки устройств заземления и зануления, а также исполнительные и принципиальные электрические схемы, необходимые для эксплуатации электрооборудования.

Все остальные протоколы наладки электрооборудования передаются заказчику в срок до четырех месяцев после приемки объекта в эксплуатацию.

Окончание пусконаладочных работ на третьем этапе оформляется актом технической готовности электрооборудования для комплексного опробования.

На *четвертом этапе* пусконаладочных работ производится комплексное опробование электрооборудования по утвержденным программам. На этом этапе выполняются пусконаладочные работы по настройке взаимодействия систем электрооборудования в различных режимах.

В состав указанных работ входят:

- обеспечение взаимных связей, регулировка и настройка характеристик и параметров отдельных устройств и функциональных групп электроустановки в целях обеспечения на ней заданных режимов работы;
- опробование электроустановки по полной схеме на холостом ходу и под нагрузкой во всех режимах работы для подготовки к комплексному опробованию технологического оборудования.

Пусконаладочные работы на четвертом этапе считаются законченными после получения на электрооборудовании предусмотренных проектом параметров и режимов, обеспечивающих устойчивый технологический процесс.

Для силовых трансформаторов — это 72 ч работы под нагрузкой, для воздушных и кабельных линий электропередачи — 24 ч работы под нагрузкой.

2.5. Приемка объекта в эксплуатацию

В период сооружения объекта осуществляется технический надзор за производством строительных, монтажных и наладочных работ. Этот надзор обеспечивается будущим эксплуатационным персоналом

(заказчиком), проектной организацией (авторский надзор), органами государственного надзора. Задачей эксплуатационного персонала на этом этапе является оказание помощи монтажной организации в части своевременного выявления дефектов, упущений и отступлений от проекта.

Сложились следующие требования и последовательность процедур сдачи-приемки смонтированных электротехнических устройств.

1. По окончании всех работ подрядчик уведомляет заказчика о необходимости приемки объекта в эксплуатацию. Предъявляемый к приемке в эксплуатацию объект должен соответствовать требованиям законодательства Российской Федерации, проектной документации, договору подряда (контракту), строительным, санитарным, экологическим и другим нормам. Оценка соответствия осуществляется приемочной комиссией, в состав которой входят представители заказчика, подрядчика, проектировщиков, территориальных администраций, органов государственного надзора и инспекции по охране труда.

Заказчик предъявляет приемочной комиссии всю необходимую проектную и техническую документацию по объекту.

2. Законченные строительством электроустановки и установленное в них электрооборудование подвергаются приемосдаточным испытаниям и вводятся в промышленную эксплуатацию только после приемки их приемочными комиссиями. Сдача-приемка в эксплуатацию законченных объектов электроснабжения должна производиться в соответствии с требованиями СНиП.

3. Приемосдаточные работы включают в себя следующие этапы:

- предварительная приемка комиссией монтажной организации; передача законченных монтажом объектов в наладку (где это требуется);
- опробование электрооборудования под напряжением;
- комплексное опробование оборудования под нагрузкой;
- сдача электротехнических устройств в постоянную промышленную эксплуатацию.

4. Перед сдачей объектов в наладку или эксплуатацию производится предварительная проверка комиссией соответствия выполненных работ проекту, техническим условиям и т. п. Отклонения от проекта в электромонтажных работах фиксируются в ведомости, которая передается заказчику, при приемке электроустановок; соответствующие исправления вносятся в чертежи принципиальных схем электроустановок и кабельные журналы в экземпляры монтажной организации с перенесением в экземпляр заказчика. После приемки устраняются все дефекты и недоделки, отмеченные комиссией. Требования, не предусмотренные проектом, а также действующими нормативными документами, не являются недоделками и не могут служить основанием для задержки оформления сдачи-приемки в эксплуатацию смонтированных электротехнических устройств.

После устранения подрядчиком всех указанных комиссией недостатков и несоответствий с проектом составляется акт приемки законченного строительством объекта, который является основанием для окончательной оплаты всех выполненных подрядчиком работ в соответствии с договором подряда (контрактом).

5. После приемки комиссией работ монтажной организации производится передача законченных монтажом объектов в наладку. Наладочные работы выполняются монтажной организацией по договору с заказчиком или заказчиком собственными силами. До начала работ по наладке руководитель монтажа объекта (мастер, производитель работ, начальник участка) совместно с руководителем наладочной бригады составляют календарный график передачи объектов в наладку и ведения наладочных работ. На подготовленном к наладке объекте (или части его) должен быть закончен монтаж в соответствии с проектом, произведена проверка качества выполненных работ, закончена маркировка кабелей и вторичных цепей, сделаны надписи на ячейках, щитах, пультах, подготовлена техническая документация.

6. После окончания необходимых монтажных и наладочных работ (при наличии полного комплекса запроектированных защитных устройств и выполнении мероприятий по технике безопасности) производят опробование электрооборудования под напряжением.

Все операции по подаче и снятию напряжения, включению и отключению опробуемых агрегатов выполняет дежурный эксплуатационный персонал.

После устранения монтажных недоделок и окончания опробования оборудования электроустановки подрядчик предъявляет к сдаче выполненные работы в том объеме, который предусмотрен договором, независимо от готовности полного пускового комплекса объекта.

7. Комплексное опробование оборудования под нагрузкой производится с участием представителей электромонтажной и наладочной организаций. При этом все акты на приемку в эксплуатацию электрических устройств, входящих в пусковой комплекс, оформляются до начала опробования. Комплексное опробование оборудования и пуск в пробную эксплуатацию может принять на себя монтажная или наладочная организация по соглашению с заказчиком (с оплатой этих работ за счет сметы на пусковые расходы). Заказчик в этом случае предоставляет в распоряжение монтажной или наладочной организации необходимое число квалифицированных рабочих и эксплуатационного персонала.

8. Для сдачи электротехнических устройств в эксплуатацию готовится техническая документация, которую представляют:

- монтажная организация — перечень отклонений от проекта, исполнительные чертежи (планы-разрезы), акты на скрытые работы, протоколы осмотров, проверки, ревизии и сушки на законченное

монтажом оборудование до его опробования рабочим напряжением;

- наладочная организация — протоколы испытаний и наладки электрооборудования, принципиальные схемы с внесенными в процессе монтажа и наладки изменениями;
- заказчик — техническую документацию заводов-поставщиков, протоколы испытаний.

Окончательным документом по приемке и вводу законченного строительством объекта является акт приемки законченного строительством объекта приемочной комиссией (форма № КС-14). Этот акт подписывается всеми членами приемочной комиссии, каждый из которых несет ответственность за принятые комиссией решения в пределах своей компетенции.

Приемочная комиссия слагает свои полномочия после утверждения акта приемочной комиссии заказчиком. С этого момента объект переходит в ведение эксплуатирующей организации (заказчика), которая принимает его на баланс и регистрирует в установленном порядке право собственности на новый объект в местных органах исполнительной власти.

2.6. Охрана труда при выполнении электромонтажных работ

Важными в организации электромонтажных работ являются подготовка и обеспечение безопасных условий труда. Все подготовительные мероприятия должны быть закончены до начала производства работ и приняты по акту о выполнении требований по охране труда.

Обязанности по обеспечению безопасных условий труда возлагаются на подрядчика, который разрабатывает организационно-технологическую документацию по выполнению работ (ППЭР), содержащую конкретные проектные решения, определяющие технические средства и методы работ, обеспечивающие выполнение нормативных требований охраны труда.

Исходными данными для разработки таких решений являются:

- требования нормативных документов и стандартов по охране труда;
- типовые решения по обеспечению требований охраны труда, справочные пособия и каталоги средств защиты работающих;
- инструкции заводов-изготовителей машин, механизмов, оборудования, материалов и конструкций по обеспечению охраны труда в процессе их применения.

При разработке проектных решений по организации монтажных площадок необходимо выявить опасные производственные факторы, связанные с технологией и условиями производства работ, опреде-

лить и указать в организационно-технической документации зоны их действия.

Электромонтажные работы могут быть связаны как со строительством новых объектов (новых подстанций, линий электропередачи), так и с реконструкцией существующих. Во втором случае электромонтажные работы относятся к работам, выполняемым в действующих электроустановках. Здесь к зонам с опасными производственными факторами относятся все работы вблизи токоведущих частей действующей электроустановки. На выполнение таких работ должен оформляться наряд-допуск, при выполнении работ — соблюдаться технические и организационные меры безопасности. Указанные мероприятия должны выполняться также при работах в компрессорных, с воздухоотборниками, использованием баллонов с газом при газосварочных работах.

Электромонтажные работы в действующих электроустановках, как правило, должны осуществляться после снятия напряжения со всех токоведущих частей, находящихся в зоне производства работ, их отсоединения от действующей части электроустановки, обеспечения видимых разрывов электрической цепи и заземления отсоединенных токоведущих частей. Зона производства работ должна быть отделена от действующей части электроустановки сплошным или сетчатым ограждением, препятствующим проходу в эту часть монтажному персоналу, должны быть вывешены плакаты безопасности.

Выделение для монтажной организации зоны производства работ, принятие мер по предотвращению ошибочной подачи в нее напряжения, ограждение от действующей части с указанием мест прохода персонала и проезда механизмов должны оформляться актом-допуском.

Допуск электромонтажников к работам в действующих электроустановках должен осуществляться персоналом эксплуатирующей организации и оформляется в письменном виде с указанием состава бригады и группы по электробезопасности каждого члена бригады. Наряд-допуск выдается руководителю работ (прорабу, мастеру, менеджеру) на срок, необходимый для выполнения заданного объема работ. Персонал электромонтажных организаций перед допуском к работе в действующих электроустановках должен быть проинструктирован по вопросам электробезопасности на рабочем месте лицом, допускающим к работе, которое обязано осуществлять контроль за выполнением предусмотренных в наряде-допуске мероприятий по обеспечению безопасности производства работ.

Эксплуатационный персонал несет ответственность за сохранность временных ограждений рабочих мест, предупредительных плакатов и предотвращение подачи рабочего напряжения на отключенные токоведущие части, соблюдение членами бригады монтажников безопасных расстояний до токоведущих частей, оставшихся под напряжением.

Работой электромонтажной бригады должен руководить грамотный и опытный инженерно-технический работник подрядной организации, который должен правильно расставить людей и механизмы, обеспечить выполнение требований эксплуатационного персонала.

Электромонтажные работы сопровождаются широким использованием различных строительных машин и механизмов (транспортных, грузоподъемных, землеройных и других). Все машины и механизмы должны соответствовать требованиям государственных стандартов по безопасности труда (иметь сертификат на соответствие требованиям безопасности). Инженерно-технические работники, ответственные за выполнение работ, и рабочие, выполняющие такелажные или стропальные работы, должны быть аттестованы органами государственного надзора.

При размещении машин на монтажной площадке руководитель работ должен определить рабочую зону машины и границы создаваемой ею опасной зоны. При этом должна быть обеспечена обзорность рабочей зоны с рабочего места машиниста. Транспортные средства и оборудование, применяемое для погрузочно-разгрузочных работ, должны соответствовать характеру перерабатываемого груза. Площадки для погрузочно-разгрузочных работ должны быть спланированы и иметь уклон не более 5° , а их размеры и покрытия — соответствовать ППЭР. Для стесненных и опасных условий проведения работ должны регламентироваться вылет и угол поворота стрелы подъемно-транспортного средства, а при работе в охранной зоне линии электропередачи корпуса машин (за исключением машин на гусеничном ходу) должны быть заземлены при помощи инвентарного переносного заземления.

Выполнение работ в охранной зоне линии допускается при условии, если расстояние по воздуху от машины (механизма) или от ее выдвигной или подъемной части до ближайшего провода, находящегося под напряжением, будет не менее: 1,0 м — при напряжении линии до 35 кВ; 1,5 м — при напряжении линии 110 кВ; 2,5 м — при напряжении линии 220 кВ.

Выполнение на монтажной площадке отдельных видов работ, например сварочных, газопламенных, электротермических, должно осуществляться в соответствии с межотраслевыми правилами по охране труда при выполнении этих работ. К указанным работам относятся, в частности, укладка мягкой кровли на крыше закрытого распределительного устройства с использованием газовых горелок, прогрев силовых трансформаторов перед их испытанием после монтажа и другие работы. В этих случаях должны быть приняты меры предупреждения пожара, а в отдельных случаях подрядчик или заказчик по заявке электромонтажной организации должны оповещать местную пожарную часть для ведения надзора за пожароопасными работами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите задачи отдельных звеньев при подготовке электромонтажных работ.
2. Какие необходимы основные мероприятия на объекте до начала производства электромонтажных работ?
3. Сформулируйте требования к строительной части объектов для производства электромонтажных работ.
4. Охарактеризуйте формы планирования электромонтажных работ и опишите преимущества сетевых моделей.
5. Какие основные группы средств механизации электромонтажных работ вы знаете?
6. Какие этапы пусконаладочных работ вы знаете?
7. Какова последовательность процедур сдачи-приемки смонтированных электротехнических устройств?
8. Перечислите требования по безопасности при производстве работ в действующих электроустановках.

3.1. Подготовительные работы

В состав подготовительных работ, выполняемых организацией, ответственной за производство комплекса строительно-монтажных работ, входят:

- разработка проекта производства работ (ПрПР);
- приемка (отбор), хранение и транспортировка материалов, оборудования и механизмов;
- подготовка трассы к производству строительно-монтажных работ.

Проект производства работ на строительство ВЛ, как правило, выполняют в соответствии с рабочими чертежами. ПрПР должен предусматривать сооружение ВЛ в заданные сроки с применением передовых методов производства строительно-монтажных работ и с соблюдением правил техники безопасности. ПрПР используют также при оперативном планировании, учете и контроле производства строительно-монтажных работ.

ПрПР по строительству ВЛ напряжением свыше 1 000 В включает в себя:

- пояснительную записку с указанием материалов по технической характеристике ВЛ, организационной структуре строительства и его подготовке; организации баз прорабских участков; материально-техническому снабжению прорабских участков; транспортировке грузов на трассу; выполнению работ нулевого цикла; монтажу опор, проводов и тросов; техническому обслуживанию машин и механизмов; культурно-бытовому обслуживанию строителей; технике безопасности работ; порядку сдачи в эксплуатацию;
- схематический план трассы с привязкой железнодорожных станций разгрузки, складов для хранения конструкций, материалов и оборудования, полигонов для укрупнительной сборки опор и баз прорабских участков;
- календарный план-график (сетевой график) производства строительно-монтажных работ; процесс выполнения подготовительных

и основных работ; поступление основных материалов, оборудования и конструкций; потребность в рабочей силе; необходимый транспорт и механизмы.

К ПрПР прилагаются:

- расчеты потребности в рабочей силе, механизмах и транспорте, необходимые для производства основных строительно-монтажных работ;
- технологические схемы производства работ (установки опор и тяжелых фундаментов, организации вырубki просек и т.д.);
- рабочие чертежи приспособлений, подлежащих изготовлению в мастерских строительно-монтажных управлений;
- решения по технике безопасности при производстве работ, требующих в этом отношении особых мероприятий.

Не рассматривая подробно приемку деревянных опор из-за ограниченного их применения в настоящее время, отметим что в первую очередь проверяют соответствие их элементов проектным решениям. Болты и шайбы для соединения деталей опор проверяют также по проекту. Принимаются болты, на поверхности которых нет поврежденных мест, трещин, раковин и других дефектов, с ровной резьбой, без искривлений. Поверхность шайб также должна быть ровной, без раковин, трещин и заусенцев. Антисептик должен проникать в заболонную древесину не меньше чем на 20 мм, в обнаженную ядровую древесину — не меньше чем на 5 мм, если она сухая, и не меньше чем на 10 мм, если сырая. Деревянные сваи должны быть прямыми, прямослойными, без гнили, трещин и прочих дефектов и повреждений. Верхний конец сваи должен быть срезан строго перпендикулярно к ее оси во избежание отклонения сваи от заданного направления в процессе ее погружения. Металлические детали опор должны иметь защиту от коррозии — оцинковку или лакокрасочное покрытие.

При приемке железобетонных опор, фундаментов и свай проверяют наличие:

- паспорта завода-изготовителя с указанием типа изделия, даты изготовления, номера элементов, даты отгрузки, марки бетона и вида армирования;
- несмываемой маркировки на стойках для ВЛ напряжением свыше 1 000 В;
- выполненной на заводе-изготовителе изоляции на сборных железобетонных фундаментах, предназначенных для установки в грунт, содержащий агрессивные воды;
- при ее повреждении производят окраску поврежденных мест расплавленным битумом (марка 4) в два слоя;
- герметической заделки отверстий в нижних торцах пустотных стоек;
- марки и даты изготовления на верхней части стойки фундаментов или сваи, нанесенных несмываемой краской;

- закладных частей для железобетонных фундаментов и свай и правильность их расположения, а также гаек и шайб на анкерных болтах;

- защиты металлических деталей от коррозии (оцинковки или лакокрасочного покрытия).

При приемке проверяют также отсутствие:

- на поверхности опор раковин и выбоин размером более 10 мм по длине, ширине и глубине (допускается не более двух раковин, выбоин меньшего размера на 1 м длины элемента опоры); их заделывают при положительной температуре цементным раствором 1:2 или полихлорвиниловой эмульсией;
- на поверхности центрифугированных железобетонных опор трещин — продольных (допускается только одна) в одном сечении с шириной раскрытия до 0,2 мм и поперечных с шириной раскрытия более 0,2 мм на опорах со стержневой арматурой и до 0,1 мм для стоек с проволочной и прядевой арматурой; число продольных трещин с шириной раскрытия до 0,1 мм не ограничивается, трещины с шириной раскрытия 0,1 ... 0,2 мм заделывают защитными эмульсиями;
- трещин, раковин и выбоин в бетоне фундаментов.

Конструкции металлических опор должны отвечать требованиям проекта и главы СНиП на изготовление, монтаж и приемку металлических конструкций.

При приемке проверяют наличие:

- паспорта завода-изготовителя с указанием в нем типа опор, марки стали, марки электродов, даты изготовления, номеров элементов опор и даты отгрузки;
- маркировки элементов опор, соответствующей заводской схеме сборки опоры;
- защиты от коррозии — оцинковки или лакокрасочного покрытия, выполненной на заводе-изготовителе в соответствии с требованиями, приведенными в рабочих чертежах.

Особое внимание уделяют проверке правильности геометрических размеров элементов опор, качеству сварных швов, а также комплектации опор необходимыми метизами.

При приемке изоляторов и линейной арматуры проверяют:

- наличие документа завода-изготовителя на каждую партию изоляторов, удостоверяющего их качество;
- наличие заводского сертификата на арматуру;
- отсутствие на поверхности изоляторов трещин, отколов, повреждений лазури, покачивания и поворота металлической арматуры относительно цементной заделки или фарфора (изоляторы с указанными дефектами отбраковывают);
- отсутствие трещин, раковин и повреждений оцинковки на линейной арматуре;
- гайки должны свободно навертываться на всю длину резьбы.

Опоры хранят по видам и типоразмерам на специально оборудованных площадках. Железобетонные приставки и элементы деревянных опор укладывают в штабеля высотой не более 2 м, укрепленные вертикальными стойками. Машины, механизмы, приспособления и инструмент, а также провода и тросы на барабанах хранят под весом.

Изоляторы, арматуру, поковки и крепежные детали складировать, как правило, в закрытых помещениях. При этом во избежание коррозии резьбу болтов и поволоков защищают антикоррозийной смазкой, например ЦИАТИМ-22. Особые меры предосторожности соблюдают при хранении термитных патронов и термитных спичек; их хранят в сухом несгораемом помещении при температуре не ниже 16 °С.

Вопросы транспортировки находят отражение в проекте ВЛ на основе проверки состояния дорог и мостов на всем пути следования грузов. Перед доставкой на трассу железобетонных опор, металлических конструкций, фундаментов и прочих тяжелых грузов строительного-монтажная организация проводит дополнительное обследование дорог и мостов и выполняет мероприятия, обеспечивающие надежную проходимость выбранных средств транспорта. Перевозка негабаритных грузов должна быть согласована с органами ГИБДД.

Элементы опор доставляют комплектно с максимально возможным укрупнением узлов. Легко деформируемые элементы транспортируют в положении, исключающем возможность их повреждения. Не разрешается подвергать ударам, толчкам и сбрасыванию стволы железобетонных опор при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке. Опоры перевозят на специально оборудованных опоровозах, тракторах с прицепами, а также с помощью металлических пен или саней, имеющих специальное поворотное устройство. Погрузку и разгрузку опор производят, как правило, краном со строповкой их в двух местах, расположенных симметрично центру тяжести опоры.

При перевозке железобетонных фундаментов и свай принимают меры по предупреждению повреждений анкерных болтов и других выступающих металлических частей. Перемещение металлических и железобетонных опор, фундаментов и свай волоком запрещается. Барабаны с проводом и тросом перевозят в вертикальном положении с опорой на обе щеки. При транспортировке на автомашинах или трейлерах под барабаны устанавливают клинья. Свободное скатывание или сбрасывание барабанов при разгрузке не допускается.

Гирлянды изоляторов, собранные на базах или складах линейных участков, транспортируют на трассу в деревянных контейнерах. Термитные патроны и спички перевозят в сопровождении ответственного лица. Подготовка трассы к производству строительного-монтажных работ заключается в оформлении согласований, устройстве временных сооружений на трассе, вырубке просек, расчистке полосы земли в зоне трассы, сносе строений и реконструкции инженерных сооружений в зоне ВЛ, препятствующих ее сооружению.

Все согласования с организациями и ведомствами, интересы которых затрагиваются в связи с сооружением ВЛ, осуществляет проектная организация и приводит в проектной документации по ВЛ.

Заказчик передает подрядчику в установленные с ним сроки документацию о разрешении соответствующих органов: на отчуждение и отвод земельных участков, на снос строений, а также на право производства пограв в зоне ВЛ; на производство работ в зоне ВЛ, линий связи, газо- и нефтепроводов, железных дорог, автодорог и других инженерных сооружений и коммуникаций; на вырубку леса и зеленых насаждений.

До начала работ на соответствующих участках трассы ВЛ выполняют:

- временные сооружения в местах размещения прорабских участков;
- временные базы для материалов и оборудования;
- временные подъездные дороги, мосты и монтажные площадки;
- установку передвижных помещений бригад, прораба и т. п.

Предусматривается утепление этих помещений в зимнее время.

Производственный пикетаж на ВЛ (разбивка центров опор и оси трассы) выполняет, как правило, проектная организация; соответствующую документацию (акты, схемы, ведомости и т. п.) передают заказчику. В процессе производственного пикетажа центры опор и трассы фиксируют закрепительными знаками установленного образца. При выполнении пикетажа строительной организацией каждое отступление от проекта согласовывают с проектной организацией.

При расположении трассы ВЛ в районах лесных массивов и зеленых насаждений строительная организация вырубает просеку шириной, указанной в проекте. Высота оставляемых пней не должна превышать $1/3$ диаметра спиливаемых деревьев. На площадке у пикетов ВЛ и на дороге, устраиваемой вдоль трассы ВЛ для нужд строительства, деревья срезают у самой земли. Просеку очищают от вырубаемых деревьев и кустарника. Валку деревьев и вырубку кустарника производят с применением различных механизмов и инструмента.

Расчистка полосы земли в зоне трассы. Для проезда вдоль сооружаемой ВЛ расчищают от камней, пней, насаждений полосу земли шириной не менее 2,5 м. Исключения допускаются только для участков, где проезд не возможен, а также для мест, занятых под садовые и другие ценные культуры или снегозащитные насаждения вдоль железных и шоссейных дорог.

Зону ВЛ, включающую в себя элементы ВЛ и учитывающую габариты механизмов и приспособлений при ее сооружении, освобождают от строений и различных надземных и подземных инженерных коммуникаций, мешающих сооружению и эксплуатации ВЛ. К началу производства строительно-монтажных работ по ВЛ строения разбирают или переносят, а реконструкцию (вынос и т. п.) сооружений полностью заканчивают.

3.2. Сборка и установка опор

В зависимости от назначения опоры подразделяются:

- на анкерные, на которых провода и тросы ВЛ имеют жесткое крепление (опоры принимают на себя полное тяжение проводов и тросов в случае их обрыва);
- промежуточные, которые только поддерживают провода и тросы;
- концевые, устанавливаемые в начале и конце линии (эти опоры принимают на себя полное одностороннее тяжение проводов и тросов);
- угловые, устанавливаемые в точках поворота трассы ВЛ (по своей конструкции они выполняются и анкерными и промежуточными).

Кроме того, существуют опоры специальные, например транспозиционные, на которых провода меняют местами (скрещивают) в целях выравнивания полных сопротивлений проводов отдельных фаз между собой; повышенные — для установки на переходах линий через железные дороги, шоссе, телефонные и телеграфные линии, линии электропередачи; переходные — для установки на переходах линий через реки, широкие и глубокие овраги, ущелья.

Каждая ВЛ по своей конструкции характеризуется величиной пролета — промежуточного и анкерного, стрелой провеса проводов и тросов, допустимыми расстояниями (габаритами) от проводов до земли, до пересекаемых линией дорог и пр. Промежуточный пролет — расстояние по горизонтали между двумя смежными промежуточными опорами. Эти пролеты на ВЛ до 1 000 В обычно колеблются от 30 до 50 м, а на ВЛ выше 1 000 В составляют 100... 250 м и более. Анкерный пролет — расстояние по горизонтали между анкерными опорами. Анкерные пролеты на линиях свыше 1 000 В при сечениях проводов до 185 мм² не должны превышать 5 км, а при больших сечениях — 10 км.

При пересечениях ВЛ провода линии ВН располагают над проводами линии НН. При этом место пересечения выбирают по возможности ближе к опоре верхней из пересекающихся ВЛ, но так, чтобы расстояние до этой опоры от крайних проводов нижней ВЛ при наибольшем их отклонении ветром было не меньше 6 м. Провода ВЛ располагают над проводами пересекаемых линий связи и сигнализации. Место пересечения выбирают по возможности ближе к опоре ВЛ, но так, чтобы линии связи проходили от этой опоры на расстоянии не менее 7 м. Пролет линии связи в месте пересечения должен быть по возможности не более 30... 40 м.

Сборка опор. Стойки деревянных опор (рис. 3.1) соединяются внахлест с железобетонными приставками (пасынками). Соединения приставок с деревянной стойкой выполняются с помощью бандажей из стальной проволоки или стальных хомутов. Для бандажей при-

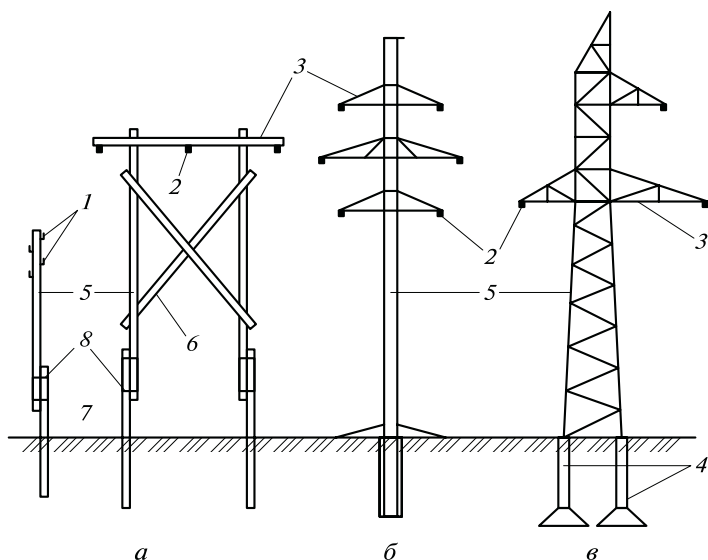


Рис. 3.1. Деревянные (а), железобетонная (б) и стальная (в) опоры ВЛ:

1 — крючья для армировки изоляторов; 2 — сцепная арматура для крепления гирлянды изоляторов; 3 — траверсы; 4 — железобетонные фундаменты; 5 — стойка опоры; 6 — раскосы для жесткости; 7 — железобетонная приставка (пасынок); 8 — бандаж из стальной проволоки или стальной хомут

меняется мягкая оцинкованная проволока диаметром 4 мм или неоцинкованная проволока диаметром 5...6 мм. Число витков бандажа принимается равным: 12 — при диаметре проволоки 4 мм; 10 — при диаметре проволоки 5 мм; 8 — при диаметре проволоки 6 мм.

В стойках деревянных опор ВЛ напряжением до 10 кВ высверливаются отверстия для вкручивания стальных крючьев, на которые с помощью полиэтиленовых колпачков армируются штыревые изоляторы. На траверсах деревянных П-образных опор ВЛ напряжением 35 кВ и выше в просверленные отверстия устанавливаются элементы сцепной арматуры для дальнейшего крепления гирлянд изоляторов. При необходимости по стойке деревянной опоры прокладывается заземляющий спуск из стальной проволоки.

Сборку железобетонных опор производят на деревянных подкладках. Стойки опоры укладываются на спланированную площадку на деревянные подкладки высотой 150...180 мм для удобства поворота ствола при его осмотре и возможности крепления траверс для подъема опоры.

При сборке одностоечной опоры производят крепление болтами траверс, ригелей и, если опора тросовая, крепление тросостойки. Для ВЛ напряжением до 10 кВ траверсы имеют штыри, на которые с помощью полиэтиленовых колпачков армируются штыревые изоляторы.

Для ВЛ напряжением 35 кВ и выше на концы траверс устанавливают элементы цепной арматуры для дальнейшего крепления гирлянд подвесных изоляторов. Сборку порталных опор производят в соответствии с проектом производства работ (технологической картой).

Приведем последовательность операций при сборке порталной опоры (рис. 3.2). На фундаменты краном устанавливают шарниры. К нижним концам стоек прикрепляют металлические переходные детали. Стойки выкладывают краном по чертежу технологической карты — прикрепляют металлические переходные детали к шарнирам. Закрепляют к стойкам траверсу и тросостойки. Устанавливают на траверсе хомуты для подвески гирлянд и закрепляют спуски за-

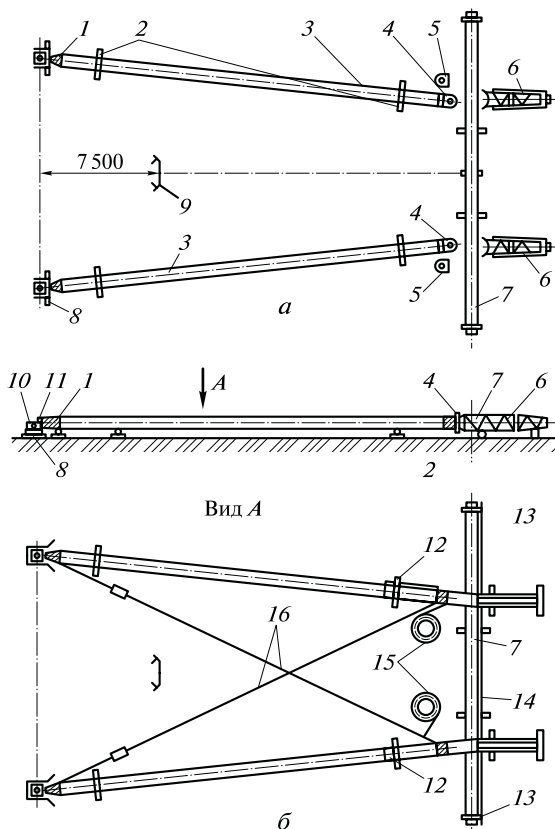


Рис. 3.2. Сборка порталной железобетонной опоры на пикете:

а — выкладка частей опоры; *б* — собранная опора; 1 — бобышка; 2 — деревянные подкладки; 3 — стойка; 4 и 5 — нижняя часть хомута; 6 — тросостойка; 7 — траверса; 8 — фундамент; 9 — болты для крепления оттяжек; 10 — опорная плита; 11 — шарнир; 12, 14 — заземление; 13 — хомуты для крепления гирлянд изоляторов; 15 — тросовые оттяжки; 16 — монтажные растяжки

земления. Закрепляют тросовые оттяжки в соответствии с указаниями, приведенными в технологической карте. Несмываемой краской наносят на стойки опор номер и год установки опоры, предупредительные знаки и порядок расположения фаз.

При приемке проверяют соответствие проекту размеров болтов (диаметра и длины) и качество их антикоррозийного покрытия. Проверяют перпендикулярность расположения болтов по отношению к плоскостям соединяемых элементов. Нарезанная часть болтов не должна входить в тело соединяемых деталей более чем на 1 мм. Головки болтов и гайки должны плотно прилегать к плоскостям соединяемых элементов и шайб. Проверяют затяжку до отказа гаек и наличие закернирования резьбы на глубину не менее 3 мм для предотвращения самоотвинчивания. Под гайкой допускается не более двух шайб. Уклон траверсы допускается не более 1:100 (отклонение от горизонтали). Смещение конца траверсы от перпендикуляра к оси трассы допускается не более 100 мм.

Металлические опоры поставляются отдельными элементами, сборка которых между собой выполняется с помощью болтовых соединений. После завершения сборки металлических опор производится восстановление их антикоррозийного покрытия в местах его повреждения при транспортировке и сборке. Сборка опор выполняется по возможности ближе к месту ее будущей установки. При сборке применяются автокраны, домкраты и другие механизмы и инструменты. Собранные опоры должны соответствовать рабочим чертежам проекта ВЛ.

При сборке сварных одностоечных опор производятся выкладка предварительно собранных на болтах нижних и средних секций и сварных верхних секций, присоединение траверс и тросостоек, выверка всей опоры по чертежу. При сборке сварных порталных опор производятся:

- кантовка укрупненных стоек на узкую грань;
- наведение пят стоек на подъемные шаблоны, кантовка укрупненной траверсы на боковую грань;
- выверка взаимного расположения стоек;
- присоединение траверсы к стойкам, выверка опоры перед закреплением стыков;
- установка подкосов; установка тросостоек;
- закрепление всех стыков;
- окончательная проверка геометрической схемы всей опоры в целом.

Сборка болтовых опор выполняется методом сборки на нижнюю грань или методом сборки параллельных граней. Метод сборки на нижнюю грань:

- прикрепляют болтами к пятам опор поясные уголки нижней секции;
- прикрепляют пяты к подъемным шарнирам, установленным на фундаменты опор;

- устанавливают в верхнем конце поясных уголков уголки поперечной диафрагмы, на которых укрепляют третий и четвертый поясные уголки нижней секции опоры;
- приболчивают отдельные элементы раскосов решетки сначала в боковых, а затем в нижней и верхней гранях секции опоры;
- приболчивают с помощью стыковых накладок к верхним торцам поясных уголков нижней секции поясные уголки второй секции, при этом нижние уголки укладывают на стеллажи, а верхние крепят к ним с помощью раскосов и диафрагм;
- производят в той же последовательности заполнение решетки во всех четырех гранях второй секции.

Метод сборки параллельных граней:

- выкладывают на подкладках в горизонтальной плоскости поясные уголки с двух сторон до нормального положения секции, разносят и приболчивают элементы решетки обеих боковых граней секции;
- раскантивают собранные параллельные грани нижней секции в вертикальной плоскости и скрепляют их решеткой в двух горизонтальных плоскостях (верхней и нижней гранях);
- производят закрепление пят собранной секции на подъемных шарнирах, установленных на фундаменте;
- в той же последовательности собирают вторую секцию опоры и присоединяют к нижней секции.

Трудоемкость процесса сборки по второму методу несколько меньше, чем при первом, однако первый метод обеспечивает большую точность сборки нижних секций по отношению к фундаментам, исключает затруднения при креплении пят опоры к подъемным шарнирам.

До подъема опор, собранных из неоцинкованных элементов и секций, производят их окраску или восстановление заводской окраски. До установки проверяется качество сборки:

- отклонение траверсы от горизонтальной оси допускается не более 1:150 длины траверсы при ее длине до 15 м и 1:250 при длине более 15 м; стрела прогиба (кривизна) траверсы допускается не более 1:300 ее длины;
- стрела прогиба стоек и подкосов допускается не более 1:750 их длины, но не более 20 мм;
- прогиб поясных уголков и элементов решетки (в любой плоскости) в пределах панели допускается не более 1:750 их длины.

Фундаменты опор — конструкции, заделываемые в грунт, воспринимающие на себя массу опоры с изоляторами и проводами, а также нагрузку от воздействия гололеда и ветра. Конструкция фундамента определяется в проекте в зависимости от характера грунта, типа опоры и климатических условий. Деревянные и одностоящие свободностоящие железобетонные опоры устанавливают в грунт без фундаментов. Железобетонные опоры с оттяжками и металлические опоры закрепляют на фундаментах.

Широкое применение имеют фундаменты в виде железобетонных грибообразных подножников или железобетонных свай. Для крепления оттяжек применяют анкерные плиты. Конструкции железобетонных грибообразных подножников и свай унифицированы. В целях унифицированных подножников для различных грунтовых условий применяют ригели. Ригели предназначены для противодействия горизонтальным усилиям. Для повышения несущей способности подножников при действии вырывающих нагрузок применяют пригрузочные плиты.

Металлические опоры устанавливаются на железобетонные фундаменты (подножники) или сваи. Котлованы под фундаменты металлических опор разрабатываются экскаваторами. Заглубление железобетонных свай в грунт выполняется виброударным способом. Глубина заложения фундаментов или свай должна соответствовать проекту ВЛ.

Одновременно с устройством фундаментов выполняется монтаж заземляющих устройств — устанавливаются искусственные вертикальные и горизонтальные заземлители. В качестве естественных заземлителей используются непосредственно железобетонные фундаменты опор.

Верхние части железобетонных фундаментов нивелируются по горизонтали; на них устанавливается жесткий шаблон, соответствующий размерам нижней части металлической опоры. После этого котлованы засыпаются с послойной трамбовкой грунта. Шаблон снимается после засыпки котлованов.

Железобетонные и деревянные опоры устанавливают без фундаментов. Котлованы для деревянных и железобетонных опор разрабатывают специальными буровыми машинами. Диаметр котлована должен превышать нижний диаметр (размер) стойки опоры на 5... 10 см. Глубина котлованов должна соответствовать проекту ВЛ.

Установка опор. Рытье котлованов для установки в них железобетонных или деревянных опор, рытье котлованов под фундаменты и подножки для металлических опор — трудоемкие операции. Одностоечные железобетонные и деревянные опоры устанавливают в котлованах, пробуриваемых специальными машинами, смонтированными на тракторе или автомашине. Буровые машины роют котлованы диаметром до 650 мм и глубиной до 3 500 мм. Время бурения котлована от 2 до 5 мин. Для рытья котлованов прямоугольной формы под сборные и монолитные железобетонные фундаменты применяют одноковшовые экскаваторы на гусеничном ходу, которые могут использоваться и как краны для погрузочно-разгрузочных работ при установке опор.

Сваи, используемые в качестве оснований, погружают в грунт вибропродавливанием. Вибропродавливающие агрегаты обеспечивают вдавливание железобетонных свай сечением до 400×400 мм и длиной до 7 м. Одновременно с погружением свай, если требуется, погружают и заземляющий электрод, который прикрепляют к свае. Развезенные

по трассе готовые или собранные на месте опоры устанавливаются с помощью специальных механизмов.

Деревянные, железобетонные и металлические опоры до 3...4 т устанавливают краном «на взвес» (рис. 3.3); до 8...10 т — краном и трактором; более 10 т — падающей стрелой и тракторами. При этом на одностоечных и А-образных железобетонных опорах до их установки закрепляют крючья и траверсы с изоляторами.

Железобетонные и деревянные одностоечные опоры без ригелей устанавливают в котлован, высверленный в грунте, и производят засыпку пазух. Одностоечные опоры с верхними ригелями устанавливают в котлован без ригелей и после засыпки котлована на $2/3$ глубины

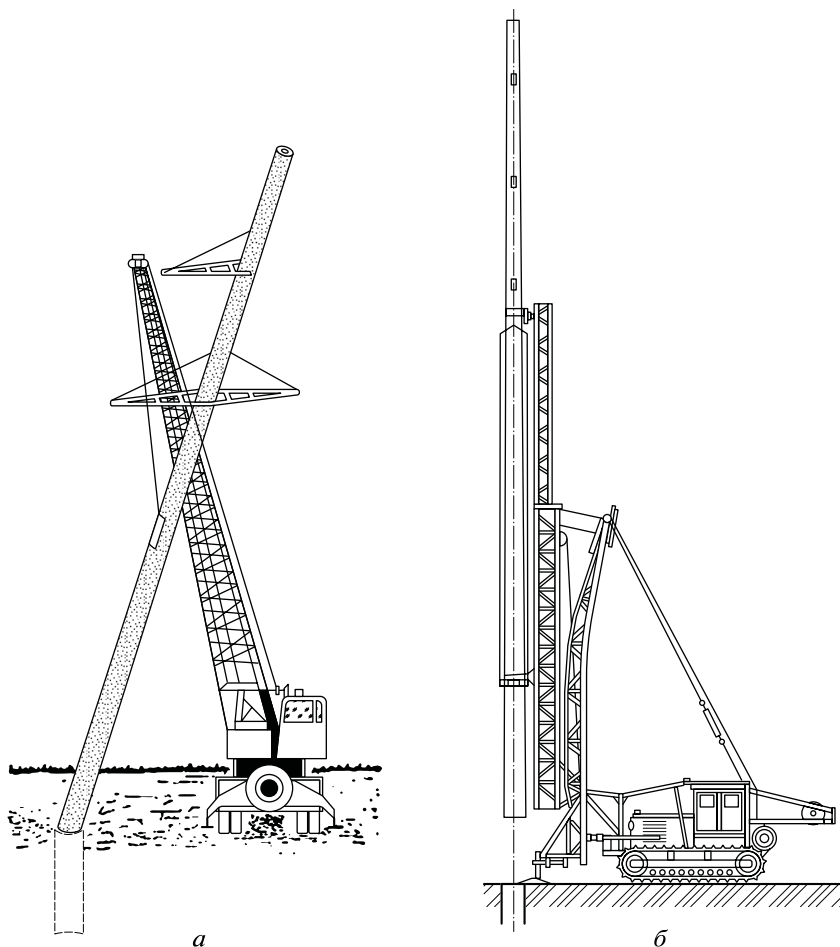


Рис. 3.3. Установка железобетонной одностоечной опоры:

а — при помощи автокрана; *б* — при помощи тракторного крана типа К-ЛЭП-7

отрывают траншею, в которую краном укладывают ригели. Ригели закрепляют к опоре при помощи оцинкованных хомутов и после этого производят окончательную засыпку котлована.

Опоры с двумя ригелями (верхними и нижними) устанавливают в котлованы, вырытые экскаватором. Установку опоры выполняют с помощью крана и трактора. В качестве тяговых механизмов используют тракторы и лебедки, установленные на автомашинах и приводимые во вращение их двигателями. Во избежание отклонения опоры во время подъема в сторону и опрокидывания ее после подъема применяют «расчалки» из стальных тросов. По мере подъема опоры расчалки разматывают («сдают») лебедками. При установке опор применяют обычно полуавтоматическую строповку, которая позволяет освобождать такелажные тросы без подъема монтеров на опору. Высокопроизводительными являются приемы установки опор, том числе и тяжелых, с помощью одного или двух мощных кранов без применения падающих стрел.

Выверка опор. Положение поднятых опор перед закреплением проверяют. Вертикальность установки опор ВЛ 10 кВ и ниже и одностоечных опор 35 кВ проверяют обычно отвесом. Правильность установки сложных опор: вертикальность их, перпендикулярное положение по отношению к линии трассы или положению угловых опор, а также всех опор ВЛ свыше 35 кВ — проверяют геодезическими приборами (теодолитом, нивелиром).

Кроме того, проверяют правильность установки опор на оси линии установки опор в «створ» (на одной прямой линии). Выверенные опоры закрепляют в котловане или на фундаменте. Котлованы засыпают слоями вынутого из них грунта толщиной 150...200 мм. Каждый слой тщательно утрамбовывают. Железобетонные опоры заделывают в цилиндрических котлованах цементным раствором после временного закрепления их клиньями. Цементный раствор, доставленный от смесительной установки, выгружают в специальный лоток, установленный у опоры и с помощью ковшей и совковых лопат заполняют пазухи котлована. Уплотнение раствора в пазухах производят штыкованием металлическими стержнями. При температуре воздуха +10 °С и выше временные клинья удаляют через 24 ч, а при среднесуточной температуре +5 °С — через 48 ч и производят заполнение грунтом «карманов», оставшихся после выемки клиньев, также делают подсыпку грунта вокруг опоры в соответствии с проектом.

3.3. Монтаж проводов и грозозащитных тросов

Монтаж проводов (тросов) выполняется отдельно на каждом участке ВЛ, ограниченном двумя ближайшими анкерными опорами (анкером пролета), и состоит из следующих основных операций:

- раскатка проводов, включая их соединение и подъем на опоры;
- натяжение проводов с регулировкой стрелы провеса;
- крепление проводов к изоляторам опор.

Перед раскаткой проводов к опорам подвешиваются специальные монтажные ролики (рис. 3.4, *а*), на которые вывешивается провод в процессе раскатки и по которым выполняется последующее натяжение провода.

Раскатка проводов проводится с помощью тягового механизма (трактора) и может осуществляться двумя способами:

- установкой барабана с проводом на стационарном устройстве (козлах или винтовых домкратах) в начале монтируемого участка и закреплением конца провода у движущегося вдоль трассы трактора (рис. 3.4, *б*);
- закреплением конца провода в начале монтируемого участка и установкой барабана с проводом на движущемся вдоль трассы тракторе.

Второй способ раскатки обеспечивает лучшую сохранность провода от механических повреждений при трении о грунт, однако применение этого способа ограничено. В частности, невозможно раскатать и вывесить средний провод у деревянных П-образных опор с раскосами.

Указанная технология раскатки применяется для голых (неизолированных) алюминиевых и сталеалюминиевых проводов. В настоящее же время для линий электропередачи напряжением до 35 кВ широко применяются изолированные провода. На напряжение до 1 кВ используются самонесущие изолированные провода (СИП), представляющие собой скрученные в жгут изолированные проводники. Воспринимающий осевую нагрузку (несущий) нулевой проводник может выполняться без изоляции или с изоляцией. В некоторых конструкциях СИП все проводники выполняются несущими. Линии с СИП обозначаются ВЛИ.

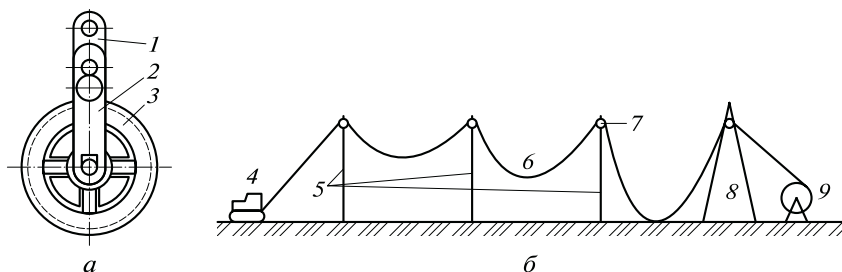


Рис. 3.4. Монтажный ролик (*а*) и фрагмент раскатки провода (*б*):

1 — подвеска для крепления; 2 — откидная щека для укладки провода; 3 — диск; 4 — тяговый механизм (трактор); 5 — промежуточные опоры; 6 — провод; 7 — монтажный ролик; 8 — анкерная опора; 9 — барабан с проводом

На напряжение свыше 1 кВ применяются защищенные изоляцией провода (ЗИП) в одножильном исполнении. Линии с такими проводами обозначаются ВЛЗ.

Изолированные провода по сравнению с неизолированными имеют ряд преимуществ, среди которых можно выделить большую надежность, пропускную способность и меньшие эксплуатационные расходы.

Главной особенностью раскатки изолированных проводов является соблюдение особой осторожности при монтаже, не допускающей повреждения изолирующего покрытия.

Раскатка изолированного провода выполняется в два этапа. На первом этапе осуществляется раскатка троса-лидера от раскаточного механизма по направлению к барабану с проводом. Лебедка раскаточного механизма включена на размотку троса-лидера. Раскатка выполняется любым тяговым механизмом. Одновременно с раскаткой троса выполняется его подъем на опоры и укладка в раскаточные ролики, диск которых выполнен из пластмассы или металла с пластиковым покрытием. После раскатки троса-лидера его свободный конец соединяется с помощью монтажного чулка с концом изолированного провода у барабана. Монтажный чулок надевают на провод и закрепляют проволочным биндажом на длине не менее 0,5 м.

На втором этапе выполняется раскатка изолированного провода. Для этого лебедка раскаточного механизма включается на намотку троса-лидера. Раскатка провода должна производиться под тяжением, обусловленным силой тяги лебедки и тормозным устройством у барабана с проводом. Тяжение необходимо для исключения возможности провисания провода до поверхности земли и повреждения его изоляции от трения о грунт. Для предотвращения образования петель на СИП при его раскатке между монтажным чулком и тросом-лидером должен быть установлен вертлюг.

При раскатке проводов производится их соединение. Голые алюминиевые и сталеалюминиевые провода сечением до 185 мм² соединяются с помощью овальных соединителей, представляющих собой алюминиевую трубку овального сечения. В соединитель с разных сторон вставляются концы соединяемых проводов, после чего с помощью переносных монтажных инструментов производится скручивание соединителя (рис. 3.5, а) или его обжатие (рис. 3.5, б). Для повышения надежности контактного соединения и уменьшения его переходного сопротивления короткие концы соединяемых проводов, выходящие из овального соединителя, свариваются с помощью термитного патрона (рис. 3.5, в).

Сталеалюминиевые провода сечением 240 мм² и более соединяются с помощью прессуемых соединителей, состоящих из двух трубок: стальной и алюминиевой (рис. 3.5, г). Для соединения таких проводов применяется переносный ручной пресс. С помощью стальной трубки прессовываются концы стальных сердечников соединяемых

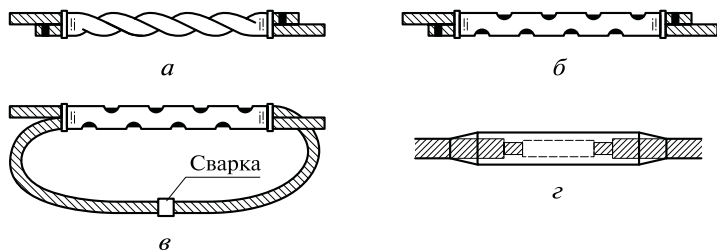


Рис. 3.5. Соединения алюминиевых и сталеалюминиевых проводов:
а — скручивание соединителя; *б* — обжатие соединителя; *в* — термитная сварка концов проводов; *з* — прессуемый соединитель

проводов, с помощью алюминиевой трубки, накладываемой поверх стальной, опрессовываются алюминиевые части соединяемых проводов. В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на провод каждой фазы.

Для соединения изолированных проводов применяются, как правило, прессуемые соединители. В целях предотвращения возможности прикосновения к токоведущим частям и защиты от коррозии на места соединения надевают изолирующие предохранительные футляры, изготавливаемые из стойкой к атмосферным воздействиям и ультрафиолетовому излучению пластмассы. Место соединения несущей нулевой жилы защищается изолирующей гильзой из термоусаживаемого материала. Для предотвращения раскручивания СИП справа и слева от места соединения устанавливаются фиксирующие ремешки.

Натяжение проводов выполняют с помощью тягового механизма (трактора, лебедки). При натяжении проводов необходимо следить за прохождением через монтажные ролики мест соединений проводов, у пересекаемых проезжих дорог должны быть выставлены сигнальщики. При натяжении проводов регулируются их стрела провеса f — расстояние между прямой, соединяющей точки подвеса провода на опорах и низшей точкой провисания провода. Регулировка стрелы провеса выполняется по монтажным графикам, в соответствии с фактической температурой воздуха θ , маркой провода и длиной пролета.

Измерение стрел провеса проводов может выполняться различными способами. В частности, для этих целей применяется простейшее приспособление — карманный высотомер. Этот прибор представляет собой плоскую коробку, имеющую форму равносторонней трапеции, в верхней части которой имеются смотровые отверстия, а в основании вставлено стекло, на котором нанесены две риски: верхняя и нижняя.

Для определения высоты измеряемого объекта H наблюдатель удаляется от него, держа прибор смотровыми отверстиями у глаз, на такое расстояние L , при котором верхняя риска совпадет с вершиной

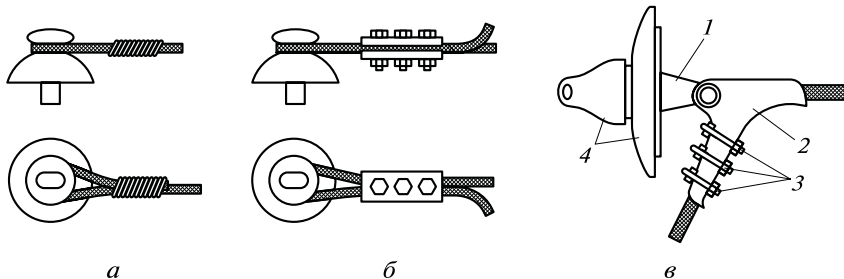


Рис. 3.6. Крепление проводов на анкерных опорах:

а — закручиванием проводов (заглушкой); *б* — петлей, с помощью болтового плашечного зажима; *в* — к подвесным изоляторам с помощью натяжных зажимов; 1 — зажим; 2 — сцепная арматура; 3 — нижний изолятор гирлянды; 4 — U-образные шпильки

объекта, а нижняя — с его основанием. Геометрические размеры прибора и риски на стекле выполнены так, что $H = L/2$. Измерение расстояния L проблем не представляет.

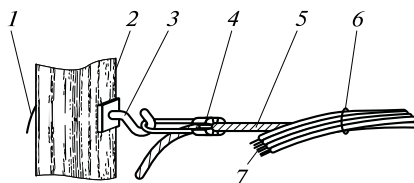
Для определения стрелы провеса провода измеряется сначала высота подвески провода на опоре, затем расстояние от низшей точки провисания провода до земли и находится разность полученных значений. Погрешность измерений таким прибором не превышает 3...4 %.

Крепление голых проводов на анкерных опорах ВЛ напряжением до 1 кВ со штыревыми изоляторами осуществляется закручиванием проводов так называемой заглушкой (рис. 3.6, *а*). На опорах ВЛ свыше 1 кВ со стержневыми изоляторами крепление проводов выполняется петлей, образованной с помощью болтового плашечного зажима (рис. 3.6, *б*). Крепление проводов на анкерных опорах с подвесными изоляторами осуществляется с помощью натяжных зажимов (рис. 3.6, *в*). Зажим 1 с помощью сцепной арматуры 2 крепится к нижнему изолятору гирлянды 3. Провод в зажиме затягивается прижимными плашками с помощью U-образных шпилек 4.

На анкерных опорах короткие концы проводов (шлейфы), идущие от двух натяжных зажимов одной фазы, соединяются болтовыми зажимами или свариваются с помощью термитного патрона. Крепление изолированных проводов на анкерных опорах ВЛ напряжением до 1 кВ выполняется без изоляторов (рис. 3.7) с помощью анкерных зажимов, фиксирующих несущую нулевую жилу. Крепление изолиро-

Рис. 3.7. Крепление СИП на анкерной опоре:

1 — оттяжка; 2 — опора; 3 — крюк; 4 — анкерный зажим; 5 — несущая нулевая жила; 6 — фиксатор; 7 — фазные провода



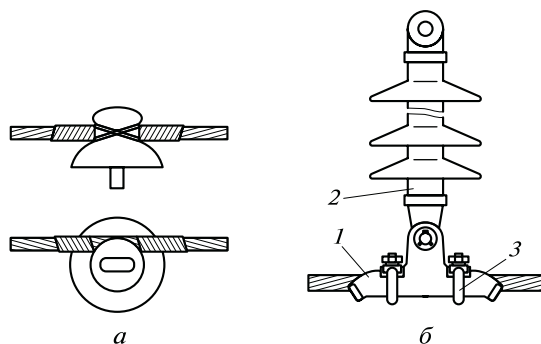


Рис. 3.8. Крепление проводов на промежуточных опорах со штыревыми изоляторами (*а*) и подвесными изоляторами (*б*):

1 — поддерживающий зажим; *2* — нижняя часть изолятора; *3* — U-образные шпильки

ванных проводов на анкерных опорах ВЛ напряжением свыше 1 кВ выполняется через подвесные изоляторы и натяжные болтовые зажимы. Корпус зажима и прижимную плашку изготавливают из алюминиевого сплава. Момент затяжки болтов зажима нормируется и обеспечивается динамометрическим ключом. Величина момента указывается на корпусе зажима или в спецификации к нему.

Крепление голых проводов на промежуточных опорах со стержневыми изоляторами осуществляется вязкой из алюминиевых проволок (рис. 3.8, *а*). На промежуточных опорах с подвесными изоляторами провод с монтажных роликов переключается в поддерживающий зажим *1* (рис. 3.8, *б*), прикрепляемый к нижней части изолятора *2*. Провод в зажиме затягивается прижимными плашками с помощью U-образных шпилек *3*.

Крепление изолированных проводов на промежуточных опорах ВЛ напряжением до 1 кВ выполняется с помощью укладки нулевой жилы СИП в поддерживающий болтовой зажим (рис. 3.9). Крепление ЗИП на промежуточных опорах ВЛ напряжением свыше 1 кВ

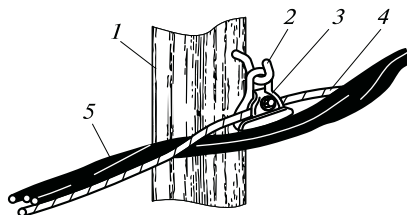


Рис. 3.9. Крепление СИП на промежуточной опоре:

1 — опора; *2* — крюк; *3* — поддерживающий болтовой зажим; *4* — несущая нулевая жила; *5* — фазные жилы

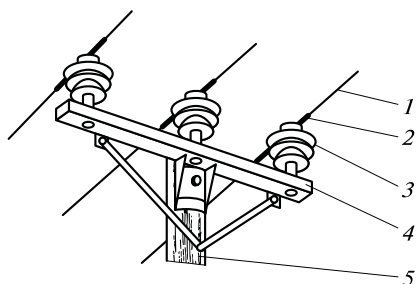


Рис. 3.10. Крепление СИП на промежуточной опоре:

1 — провод; 2 — вязка провода к изолятору; 3 — штыревой изолятор; 4 — траверса; 5 — опора

со штыревыми изоляторами осуществляется вязкой провода к изолятору (рис. 3.10). Ответвления от линии с СИП выполняются с помощью болтовых прокалывающих зажимов без снятия изоляции с провода. После монтажа ответвления на зажимы устанавливаются изолирующие предохранительные футляры.

Монтаж грозозащитных тросов аналогичен монтажу проводов. Соединение тросов выполняется, как правило, с помощью стальных прессуемых соединителей. На ВЛ напряжением до 110 кВ крепление троса к опорам выполняется с помощью сцепной арматуры без изолятора. На ВЛ напряжением 220 кВ крепление троса ко всем опорам выполняется через подвесной изолятор, как правило, стеклянный, шунтированный искровым промежутком. В каждом анкерном участке на одной из анкерных опор трос заземляется.

Большинство работ по монтажу проводов и тросов связано с подъемами на опоры. На ВЛ напряжением до 10 кВ монтажники поднимаются на опоры, как правило, с помощью монтажных когтей (лазов) и поясов. На ВЛ более высокого напряжения широко используются телескопические вышки и гидроподъемники.

После окончания всех монтажных работ на опоры ВЛ на высоте 2...3 м наносятся следующие знаки:

- порядковые номера опор;
- номер ВЛ или ее условное обозначение;
- информационные знаки с указанием ширины охранной зоны;
- предупредительные плакаты на всех опорах в населенной местности.

3.4. Монтаж трубчатых разрядников и заземляющих устройств

Трубчатые разрядники крепятся закрытым концом к элементам опор под углом 15° к горизонтали при более низком расположении

открытого конца. Закрытый конец разрядника соединяется с заземляющим спуском на опоре из древесины или с металлом проводящей опоры (стальной и железобетонной). Длина внешнего искрового промежутка устанавливается в соответствии с проектом ВЛ. Поскольку срабатывание разрядника сопровождается сильным выхлопом генерированного электрической дугой газа, открытый конец разрядника должен располагаться так, чтобы выхлопные газы не вызвали междуфазных перекрытий или перекрытий на землю. Зоны выхлопа разрядников разных фаз не должны пересекаться и охватывать элементы конструкций и проводов ВЛ.

При монтаже ВЛ напряжением до 1 кВ выполняются *заземляющие устройства* для повторного заземления нулевого провода (PEN-проводника), защиты от грозовых перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛ. Повторные заземления выполняются на концевых опорах линии и опорах с ответвлениями к вводам в здания, в которых может быть сосредоточено большое количество людей (школы) или которые представляют большую материальную ценность (склады). Заземляющие устройства защиты от грозовых перенапряжений совмещаются с повторными заземлениями.

Схема выполнения совмещенного заземления на деревянной опоре ВЛ напряжением до 1 кВ с СИП приведена на рис. 3.11. Заземляющий спуск *1* выполняется стальной проволокой диаметром не менее 6 мм и крепится к телу опоры U-образными скобками. Присоединение заземляющего спуска к нулевому проводу *2* выполняется болтовым зажимом *3*. У железобетонных опор нулевой провод соединяется со стальной арматурой, у металлических опор — с телом опоры.

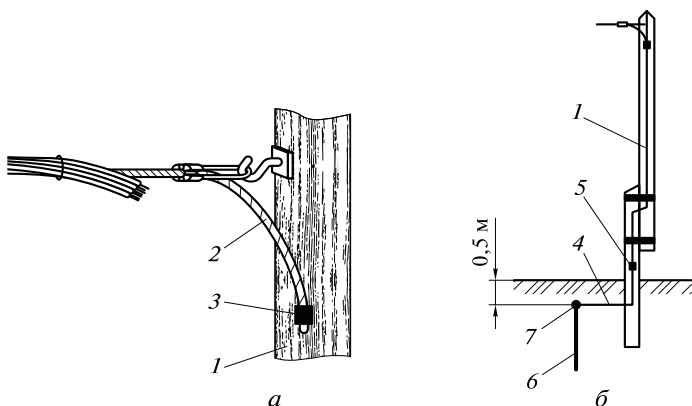


Рис. 3.11. Схема выполнения заземления на опоре ВЛ:

a — верхняя часть опоры; *б* — опора с заземляющим устройством; *1* — заземляющий спуск; *2* — нулевой провод; *3* — болтовой зажим; *4* — заземляющий проводник; *5* — болтовой зажим; *6* — заземлитель; *7* — место сварки

При монтаже ВЛ напряжением свыше 1 кВ заземляющие устройства выполняются у опор:

- имеющих грозозащитный трос;
- имеющих трубчатые разрядники, разъединители, предохранители и прочее оборудование;
- железобетонных и металлических при напряжении 6...35 кВ.

Заземляющие спуски у деревянных опор выполняются стальным многожильным проводом сечением не менее 35 мм² или стальной проволокой диаметром не менее 10 мм.

В качестве заземлителей на ВЛ всех напряжений следует, в первую очередь, использовать естественные заземлители (железобетонные фундаменты). При недостаточном сопротивлении естественных заземлителей устанавливаются искусственные заземлители. Присоединение заземляющего спуска деревянной опоры, стальной арматуры железобетонной опоры, тела металлической опоры к заземлителям выполняется заземляющим проводником. Заземляющий проводник соединяется с заземлителем сваркой, а с заземляющим спуском — сваркой или болтовым зажимом.

3.5. Приемка воздушной линии в эксплуатацию

До начала сооружения ВЛ будущий эксплуатационный персонал изучает проектно-техническую документацию, а в период сооружения ВЛ ведет технический надзор за производством строительных и монтажных работ.

При проведении технического надзора особое внимание уделяется выполнению скрытых работ: правильности заглубления опор, установки предусмотренных проектом ригелей оттяжек анкерных опор, уплотнения котлованов опор гравийно-песчаной смесью. Кроме того, контролируется отсутствие загнивших деталей деревянных опор, правильность монтажа контактных соединений проводов и другие работы. При обнаружении дефектов при производстве строительных и монтажных работ представитель заказчика немедленно ставит в известность представителя подрядчика для своевременного устранения этих дефектов.

По окончании работ на сооружаемой ВЛ подрядчик в письменной форме извещает заказчика о готовности ВЛ к сдаче в эксплуатацию и включению под напряжение. Заказчик организует рабочую комиссию, в которую входят представители заказчика (председатель), подрядчика, проектной организации, органов государственного надзора.

Рабочая комиссия:

- проверяет соответствие объемов выполненных строительно-монтажных работ проекту, смете, нормативным документам;

- производит детальный осмотр ВЛ с выборочной проверкой скрытых работ;
- проверяет качество выполненных работ и дает им оценку;
- составляет протоколы измерений, в частности протоколы измерений сопротивлений заземляющих устройств ВЛ; составляет ведомость выявленных при осмотре ВЛ дефектов и недоделок

Подрядчик предоставляет комиссии следующую документацию:

- перечень организаций (субподрядчиков), участвовавших в производстве строительно-монтажных работ;
- проект ВЛ с комплектом рабочих чертежей;
- паспорт ВЛ;
- трехлинейную схему ВЛ с расцветкой фаз и номерами всех опор;
- журналы работ по строительной части ВЛ и по монтажу проводов и тросов;
- протоколы осмотров и измерений переходов и пересечений ВЛ, составленные подрядчиком совместно с представителями заинтересованных организаций;
- протоколы измерений заземляющих устройств ВЛ.

По устранению подрядчиком выявленных дефектов и недоделок рабочая комиссия готовит акты по приемке ВЛ в эксплуатацию. Назначается приемочная комиссия, которой подрядчик дополнительно предоставляет:

- утвержденную проектно-сметную документацию;
- акты рабочей комиссии по приемке ВЛ;
- документацию по отводу земель под трассу ВЛ;
- справку о соответствии фактической стоимости строительства ВЛ, предусмотренной в утвержденном проекте.

Приемочная комиссия проверяет переданную ей документацию, рассматривает акты рабочей комиссии, осматривает ВЛ, определяет качество выполненных работ, соответствие их проекту, проверяет устранение замеченных рабочей комиссией дефектов и недоделок и определяет готовность ВЛ к передаче в эксплуатацию. При полной готовности ВЛ приемочная комиссия дает письменное разрешение на включение ВЛ. Это заключение выполняется эксплуатационным персоналом после письменного уведомления от подрядчика о том, что люди с объекта удалены, заземления сняты, ВЛ готова к включению.

При безотказной работе ВЛ под нагрузкой в течение суток приемочная комиссия оформляет акт передачи ВЛ в эксплуатацию. Дата подписания этого акта членами приемочной комиссии считается датой ввода ВЛ в эксплуатацию. Линия переходит в ведение заказчика, принимается на баланс эксплуатирующей организацией, которая получает всю техническую документацию и несет дальнейшую ответственность за линию.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите содержание проекта производства работ по строительству ВЛ напряжением свыше 1 000 В.
2. Какова процедура приемки железобетонных и стальных опор ВЛ?
3. Каковы основные правила транспортировки элементов ВЛ?
4. Перечислите основные операции при монтаже железобетонных и стальных опор ВЛ.
5. Каковы особенности раскатки изолированных проводов ВЛ?
6. Опишите способы соединения и крепления неизолированных и изолированных проводов.
7. Перечислите регламентируемые геометрические параметры ВЛ.
8. Каков порядок приемки ВЛ в эксплуатацию?

4.1. Общие сведения о классификации кабелей

В последнее время в нашей стране ведутся разработка и внедрение в производство прогрессивных кабельных изделий: силовых кабелей высокого напряжения с пластмассовой изоляцией, силовых и контрольных кабелей пониженной горючести, кабелей для сельского хозяйства и т.д. Созданы кабели на напряжение до 110 кВ с дополнительной профильной оболочкой из полиэтилена для прокладки по сложным подземным трассам, разработаны и изготовлены кабели с пластмассовой изоляцией и арматура к ним на напряжение 220 кВ. Для АЭС разработаны силовые и контрольные кабели с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, не распространяющего горение. Освоен выпуск специальных силовых кабелей, не распространяющих горение, на основе обычных кабелей, с пропитанной бумажной изоляцией в алюминиевой оболочке. Такие кабели имеют под броней слой из стеклопряди и броню из двух стальных оцинкованных бронелент и могут сохранять работоспособность в огне в течение не менее 20 мин. Для АЭС изготавливаются специальные терморационностойкие силовые, контрольные и измерительные кабели, провода и кабельная арматура, которые применяются в облучаемой зоне АЭС.

Для агропромышленного комплекса выпускаются кабели АПВГ и АВВГ с напряжением до 660 В сечением жил до 50 мм². Освоен выпуск кабелей с повышенной температурой нагрева жил и сечением нулевой жилы до 50 % сечения основной жилы. Для дождевальных установок созданы комбинированные кабели, имеющие силовые и контрольные жилы. Буквенные обозначения марок кабелей приведены в табл. 4.1.

Рассмотрим конструкцию и основные типы кабелей. Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек, защитных покровов, могут быть защитные экраны, жилы защитного заземления.

По роду металла токопроводящей жилы бывают кабели с алюминиевыми и медными жилами; по роду изолирующего материала токо-

ведущей жилы — кабели с резиновой, бумажной или пластмассовой изоляцией; по роду защиты от влияния внешней среды — кабели в резиновой, пластмассовой или металлической оболочке; по способу защиты от механических повреждений — бронированные и небронированные; по количеству жил — одно-, двух-, трех-, четырех-, пятижильные кабели. В соответствии с конструкцией и материалом каждый кабель имеет свое обозначение и марку.

Токопроводящие жилы кабелей бывают основные и нулевые. Трехжильные кабели имеют только основные жилы, а четырехжильные — три основные и одну нулевую. Нулевые жилы присоединяются к нейтралю источника тока.

Токопроводящие жилы силовых кабелей могут быть однопроволочными и многопроволочными. По форме жилы могут быть круглыми, секторными или сегментными. Алюминиевые жилы кабелей до 35 мм^2 включительно изготавливают однопроволочными, $50 \dots 240 \text{ мм}^2$ — однопроволочными или многопроволочными, $300 \dots 800 \text{ мм}^2$ — многопроволочными. Медные жилы сечением до 16 мм^2 включительно изготавливают однопроволочными, $25 \dots 95 \text{ мм}^2$ — однопроволочными или многопроволочными, $120 \dots 185 \text{ мм}^2$ — многопроволочными. Нулевая жила или жила защитного заземления имеет сечение меньше сечения основной жилы, бывает круглой, секторной или треугольной формы и располагается в центре кабеля или между основными жилами. Жила защитного заземления используется для соединения не находящихся под напряжением металлических частей электроустановки с контуром защитного заземления.

Изоляция обеспечивает необходимую электрическую прочность токоведущих жил по отношению друг к другу и к заземленной оболочке (земле). Применяется бумажная, резиновая и пластмассовая (полиэтиленовая и поливинилхлоридная) изоляция. Изоляция, наложенная на жилу кабеля, называется изоляцией жилы, изоляция, наложенная поверх изолированных жил многожильного кабеля, называется поясной. Бумажная изоляция кабеля пропитывается вязкими пропиточными составами.

Недостатком таких кабелей является ограниченная возможность прокладки их по наклонным трассам, разность высот между их заделками не должна превышать:

- для кабелей до 3 кВ бронированных и небронированных в алюминиевой оболочке — 25 м;
- небронированных в свинцовой оболочке — 20 м;
- бронированных в свинцовой оболочке — 25 м;
- для кабелей 6 кВ бронированных и небронированных в свинцовой оболочке — 15 м, в алюминиевой — 20 м;
- для кабелей 10 кВ бронированных и небронированных в свинцовой и алюминиевой оболочке — 15 м.

Кабели с вязким пропиточным составом, свободная часть которого удалена, называются кабелями с обедненно-пропитанной изо-

Символ	Место написания в обозначении марки	Значение
А	Впереди обозначения	Материал жил — алюминий
Не имеет	—	Материал жил — медь
А	Впереди обозначения*	Оболочка — алюминий
С	То же	Оболочка — свинец
СТ	»	Оболочка — стальная гофрированная
В	»	Оболочка — поливинилхлорид
Н	»	Оболочка — наирит (негорючая резина)
П	»	Оболочка — полиэтилен
Р	В середине обозначения	Изоляция жил — теплостойкая резина
В	То же	Изоляция жил — поливинилхлорид
П	»	Изоляция жил — полиэтилен
Пс	»	Изоляция жил — самозатухающий полиэтилен
Пв	»	Изоляция жил — вулканизированный полиэтилен
Не имеет	»	Изоляция жил — бумажная, нормально пропитанная
В	В конце обозначения через дефис	Изоляция жил — бумажная, обедненно-пропитанная
Ц	В начале обозначения	Изоляция жил — бумажная, пропитанная неистекающей массой на основе церизина

Б	В конце обозначения	Защитный покров — броня из стальной ленты
П	То же	Защитный покров — броня из плоской стальной оцинкованной проволоки
К	»	Защитный покров — броня из круглой стальной оцинкованной проволоки
Г	»	Указывает на отсутствие джутовой оплетки поверх брони
О	Перед символом С	Характеризует кабели с отдельно оцинкованными жилами
О	Перед символом В	Характеризует кабели с отдельно экранированными жилами под поливинилхлоридной оболочкой каждой жилы
Шв	В конце обозначения	Указывает на наличие шланга из поливинилхлоридного пластика
Шп	То же	Указывает на наличие шланга из полиэтилена
в	После буквы, обозначающий тип брони	Указывает на наличие усиленной подушки под броню, накладываемой поверх алюминиевой оболочки для защиты ее от коррозии
б	То же	Отсутствие подушки у защитного покрова
л	»	Усиленная подушка у защитного покрова
2л	»	Особо усиленная подушка у защитного покрова
н	»	Негорючий наружный покров у защитного покрова
1к, 2к	В конце обозначения после тире	С одной или с двумя контрольными жилами
Т, ТС	То же	В тропическом исполнении

* Для кабелей с алюминиевыми жилами после символа материала жил.

лящей. Их применяют при прокладке на вертикальных и наклонных трассах без ограничения разности уровня, если это небронированные или бронированные кабели в алюминиевой оболочке на напряжение до 35 кВ и с разностью уровней до 100 м — для любых других кабелей с обедненно-пропитанной изоляцией.

Для прокладки по вертикальным и крутонаклонным трассам без ограничения разности уровней изготавливают кабели с бумажной изоляцией, пропитанной особым составом на основе церезина или полиизобутилена. Этот состав имеет повышенную вязкость, поэтому при нагреве кабеля, проложенного вертикально или по крутонаклонной трассе, он не стекает вниз. Кабели с такой изоляцией можно прокладывать на любую высоту.

Резиновая изоляция выполняется из сплошного слоя резины или из резиновых лент с последующей вулканизацией. Силовые кабели с резиновой изоляцией применяются в сетях переменного тока до 1 кВ и постоянного тока до 10 кВ.

Пластмассовая изоляция из поливинилхлорида накладывается в виде сплошного слоя или из композиций полиэтилена. Все большее применение находят кабели с изоляцией из самозатухающего (не поддерживающего горения) и вулканизированного полиэтилена. В настоящее время при монтаже новых и реконструкции существующих КЛ наряду с традиционно применяемыми кабелями с бумажной пропитанной, пластмассовой и резиновой изоляцией начинают широко применяться кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Эта изоляция имеет высокие диэлектрические и механические характеристики, больший, чем у других кабельных изоляционных материалов, диапазон рабочих температур.

В зависимости от условий прокладки СПЭ кабели допускают длительные токи нагрузки на 15...30% больше, чем кабели с бумажной пропитанной изоляцией. СПЭ кабели имеют длительный срок службы (до 50 лет), повреждаемость таких кабелей на один-два порядка ниже, чем кабелей с бумажной изоляцией. Одним из преимуществ СПЭ кабелей является возможность их прокладки без предварительного подогрева при температуре до -20°C для кабелей с полиэтиленовой защитной оболочкой и при температуре до -15°C для кабелей с поливинилхлоридной защитной оболочкой.

Экраны применяют для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей токов, проходящих по кабелю и для обеспечения симметрии электрического поля вокруг жил кабеля. Экраны выполняют из полупроводящей бумаги и алюминиевой или медной фольги.

Оболочки предохраняют внутренние элементы кабеля от разрушения влагой, кислотами, газами и т.д. Оболочки могут быть алюминиевыми, свинцовыми, пластмассовыми и резиновыми негорючими (найритовыми). Алюминиевую оболочку кабелей до 1 кВ допускается использовать в качестве четвертой жилы в четырехпроводных сетях

переменного тока с глухозаземленной нейтралью за исключением установок со взрывоопасной средой и установок, в которых ток в нулевом проводе при нормальных условиях составляет более 75 % тока в фазной жиле.

Защитные покровы предохраняют оболочки кабелей от внешних воздействий (коррозии, механических повреждений). К ним относятся подушка, бронепокров и наружный покров. В зависимости от конструкции кабеля применяют один, два или три защитных покрова. Подушка накладывается на экран или оболочку для их защиты от коррозии и повреждения лентами или проволоками брони. Подушка выполняется из слоев пропитанной кабельной пряжи, пластмассовых лент, крепированной бумаги, битумного состава или битума.

Для защиты от механических повреждений оболочки кабелей обматывают в зависимости от условий эксплуатации стальной ленточной броней или проволочной броней. Проволочную броню выполняют из круглых или плоских проволок. Броня из плоских стальных лент защищает кабели только от механических повреждений. Броня из стальных проволок помимо этого воспринимает также и растягивающие усилия. Для предохранения брони кабеля от коррозии ее покрывают наружным покровом, выполненным из слоя кабельной или стеклянной пряжи, пропитанной битумным составом. В шахтах, взрывоопасных и пожароопасных помещениях должны применяться кабели с негорючей подушкой и наружным покровом, изготовленным из стекловолокна.

Область применения силовых кабелей определена «Едиными техническими указаниями по выбору и применению электрических кабелей» и зависит от конструктивного выполнения электрической сети, способа прокладки кабелей и воздействия на них агрессивной и взрыво- или пожароопасной среды. Различают кабели, рекомендуемые для прокладки в земле, в воздухе, для прокладки в воде и в шахтах. Прокладка нулевых жил отдельно от фазных не допускается. Силовые кабели в свинцовой оболочке применяются в особых случаях (для подводных линий и в шахтах).

4.2. Способы и методы прокладки

Прокладка КЛ в земляной траншее. Этот вид прокладки является одним из наиболее распространенных, простых и экономичных способов прокладки. Глубина заложения КЛ от планировочной отметки должна быть не менее 0,7 м для кабелей напряжением до 20 кВ и не менее 1 м для кабелей напряжением 35 кВ. При пересечении улиц и площадей глубина заложения КЛ должна быть не менее 1 м независимо от напряжения.

При прокладке кабеля в земле предварительно выявляются места на трассе, содержащие вещества, разрушительно действующие

на металлические покровы и оболочку кабеля (солончаки, известь, насыпной грунт, содержащий шлак или строительный мусор). При невозможности обхода этих мест должны быть приняты меры по защите кабеля.

Для рытья траншей используются траншейные или обычные экскаваторы. Кабели, укладываемые в траншею, должны иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака. Это необходимо для исключения возможности механического повреждения кабеля при давлении на него грунта после засыпки траншеи.

Одной из операций, выполняемых при монтаже кабеля, является его раскатка. Способ раскатки кабеля зависит от сложности трассы. Если на трассе нет пересечений с подземными коммуникациями, кабель укладывают непосредственно на дно траншеи с кабельного транспортера, движущегося вдоль трассы (рис. 4.1).

При наличии пересечений барабан с кабелем устанавливают в одном конце трассы на раскаточное устройство (кабельные домкраты) и раскатывают с помощью тягового механизма — лебедки с канатомкостью, соответствующей строительной длине кабеля. Предварительно трос лебедки разматывают по дну траншеи, протаскивают под пересекаемыми коммуникациями и сцепляют с кабелем с помощью монтажного чулка или непосредственно за токопроводящие жилы. Монтажный чулок надевают на оболочку кабеля и прочно закрепляют проволочным биндажом на длине не менее 0,5 м. Размотка кабеля должна идти с верхней части кабельного барабана. Раскаточное устройство должно иметь тормоз.

При раскатке кабеля с помощью тягового механизма следует принимать меры по его защите от механических повреждений. Тяжение СПЭ кабелей и кабелей с алюминиевой оболочкой выполняется

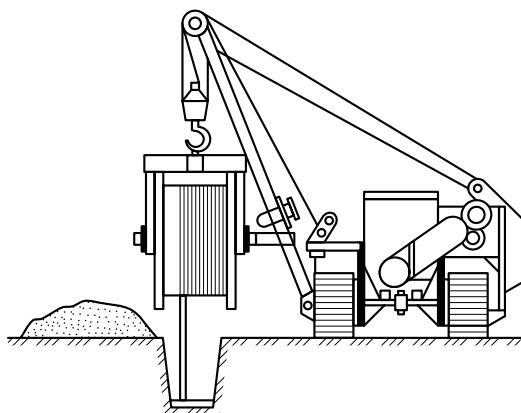


Рис. 4.1. Раскатка кабеля с кабельного транспортера

Таблица 4.2

Сечение кабеля, мм ²	Усилия тяжения, кН, за алюминиевую оболочку кабеля напряжением, кВ			Усилия тяжения за жилы, кН	
	До 1	6	10	медные	алюминиевые
3×35	1,8	2,9	3,9	4,9	3,9
3×50	2,3	3,4	4,4	7,0	5,9
3×70	2,9	3,9	4,9	10,0	8,2
3×95	3,4	4,4	5,7	13,7	10,8
3×120	3,9	4,9	6,4	17,6	13,7
3×150	5,9	6,4	7,4	22,0	17,6
3×185	6,4	7,4	8,3	26,0	21,6
3×240	7,4	9,3	9,8	35,0	27,4

за оболочку или за жилы. Тяжение кабелей со свинцовой оболочкой допускается только за жилы.

Тяговый механизм должен быть оснащен устройством (динамометром), регистрирующим усилие тяжения. Допустимые усилия тяжения для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией указаны в табл. 4.2.

Усилия тяжения СПЭ кабелей не должны превышать следующих значений: $50S$ Н/мм² — для медной жилы и $30S$ Н/мм² — для алюминиевой жилы, где S — общее сечение жил кабеля.

Для уменьшения усилия тяжения используются специальные раскаточные ролики, устанавливаемые через 3...5 м на дно траншеи. В местах поворота трассы устанавливаются угловые ролики.

Кабели в траншее укладываются в один ряд (рис. 4.2, а). Расстояние по горизонтали в свету между соседними кабелями $d \geq 100$ мм

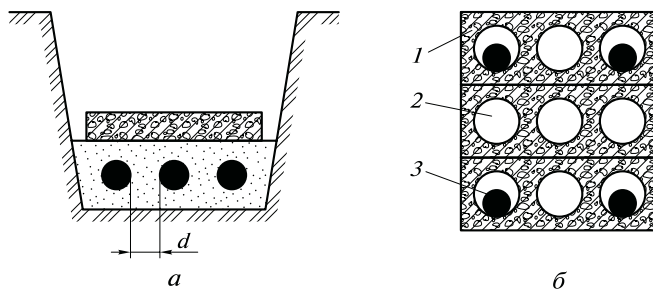


Рис. 4.2. Прокладка кабелей в земляной траншее (а) и бетонном блоке (б): 1 — железобетонная панель; 2 — канал; 3 — кабель

(между осями — 150 мм) и $d \geq 250$ мм для кабелей напряжением до 10 и 20—35 кВ соответственно. Кабели в траншее укладываются «змейкой», обеспечивающей запас длины кабеля 1...2% для уменьшения растягивающих усилий при возможных смещениях почвы и температурных изменениях длины кабеля.

При прокладке кабелей у концов, предназначенных для последующего соединения, оставляется запас не менее 2 м, необходимый для монтажа соединительной муфты и укладки дуг компенсаторов, предохраняющих муфту от повреждения при возможных смещениях почвы и температурных деформациях кабеля, а также для обеспечения возможности повторного монтажа муфты в случае ее повреждения при эксплуатации. Укладывать запас кабеля в виде колец не допускается.

При изменении направления трассы кабеля изгибаются. Во избежание нарушения целостности изоляции жил и оболочек кабеля устанавливаются предельно допустимые радиусы изгиба. Для кабелей с бумажной изоляцией на напряжение до 35 кВ в алюминиевой и свинцовой оболочке радиусы изгиба должны быть соответственно не менее $25D$ и $15D$; для кабелей с резиновой, пластмассовой и СПЭ-изоляцией — не менее $15D$, где D — наружный диаметр кабеля.

Выше верхней засыпки, выполненной из мелкой земли, укладывается слой красного кирпича (КЛ напряжением до 35 кВ) или железобетонные плиты (КЛ напряжением 35 кВ), служащие для защиты кабелей от механических повреждений при проведении землеройных работ. Вместо такой защиты может использоваться сигнальная лента из яркой полиэтиленовой пленки, свидетельствующая при проведении землеройных работ о близком расположении кабелей.

Перед засыпкой траншеи изоляция КЛ испытывается повышенным напряжением. Пластмассовые защитные оболочки кабелей испытываются напряжением 10 кВ.

При положительных результатах испытаний перед засыпкой траншеи представители монтажной организации совместно с представителями заказчика производят осмотр кабельной трассы с составлением акта на скрытые работы. После этого траншея засыпается грунтом с послойной трамбовкой. Если выкопанная земля содержит строительный мусор, шлак, камни, для засыпки траншеи следует использовать натуральный привозной грунт или песок.

При прокладке кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в агрессивных грунтах и зонах с наличием блуждающих токов, например вблизи трамвайных путей, должны применяться кабели с пластмассовыми (шланговыми) защитными покровами или специальные меры защиты от коррозии металлических оболочек и брони этих кабелей.

СПЭ кабели с полиэтиленовой защитной оболочкой (ПвП, АПвП) могут прокладываться в земле с любой степенью коррозионной активности грунта. На сложных участках кабельной трассы проклады-

ваются кабели с усиленной защитной полиэтиленовой оболочкой (ПвПу, АПвПу); в грунтах с повышенной влажностью — кабели с дополнительной продольной герметизацией (ПвПг, АПвПг).

Пересечения КЛ автомобильных и железных дорог выполняются, как правило, скрытым способом (без рытья траншеи) с помощью пневмопробойника. Для этого по обе стороны от пересекаемого объекта роются котлованы. В один из котлованов на направляющих по требуемому уровню устанавливают пневмопробойник. Под действием сжатого воздуха, подаваемого компрессором, пневмопробойник забивается в грунт. Так как грунт уплотняется стенками пневмопробойника, пробитое отверстие сохраняет круглую форму. После прохода пневмопробойником пересекаемого объекта в пробитое отверстие закладываются асбоцементные трубы. Кабель при монтаже протягивается через эти трубы.

После завершения всех работ по прокладке КЛ выполняется исполнительный чертеж трассы с привязкой к постоянным ориентирам на местности. На незастроенной территории трасса кабельной линии обозначается пикетами.

Прокладка кабелей в блоках. Блок представляет собой заглубляемую в землю конструкцию, выполненную из труб различного материала или железобетонных панелей. Стыки труб и панелей заделываются кирпичной кладкой или заливаются бетоном. На рис. 4.2, б показан бетонный блок, состоящий из железобетонных панелей 1 с каналами 2, через которые прокладываются кабели 3. Глубина заложения в земле кабельных блоков должна быть не менее глубины заложения кабелей в земляной траншее, считая от верхнего кабеля в блоке.

При прокладке кабелей в блоках через определенные расстояния сооружаются кабельные колодцы, в которых осуществляется соединение кабелей, и через которые выполняется монтаж кабелей. Кабельные колодцы сооружаются в местах изменения направления трассы и на прямолинейных участках. Расстояние между колодцами на прямолинейном участке трассы определяется величиной допустимого тяжения кабеля при прокладке. При приемке блоков под монтаж кабелей проверяется глубина заложения блоков, их прямолинейность, соосность стыковки труб или панелей. Блоки должны быть уложены в землю с уклоном не менее 0,2 % в сторону колодцев для стока попавших в блок грунтовых вод.

Перед монтажом кабелей блочные каналы предварительно прочищают с помощью стальных ершей и проверяют контрольным цилиндром, протаскивая его с помощью тросовой лебедки по блочным каналам. Непосредственной перед прокладкой кабелей их поверхность обильно покрывают смазкой, не содержащей веществ, вредно действующих на оболочку кабеля (солидол, тавот).

Прокладку кабелей в блоках производят, как правило, механизированным способом, поочередно затягивая их в кабельные каналы

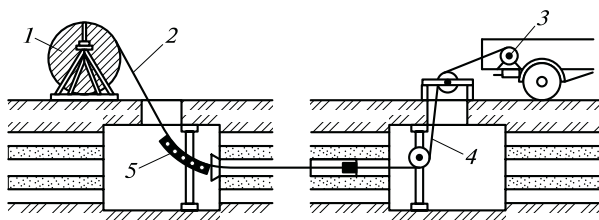


Рис. 4.3. Протяжка кабеля в блоке:

1 — барабан с кабелем; 2 — кабель; 3 — лебедка с контролем усилия тяжения; 4 — трос; 5 — угловой ролик

на участке между двумя соседними колодцами (рис. 4.3). Возможно также сквозная протяжка кабеля через несколько колодцев без разрезания кабеля. Однако усилия тяжения при этом не должны превышать допустимые значения. При переходе кабелей из блоков в земляную траншею места выхода кабелей из блоков заделываются водонепроницаемым материалом.

Использование блоков увеличивает стоимость КЛ, ухудшает условия охлаждения кабелей, но обеспечивает более надежную защиту кабелей от механических повреждений по сравнению с прокладкой кабелей в земляной траншее. Блочная прокладка используется при большой стесненности кабельной трассы, пересечениях кабелей других инженерных сооружений, например железных дорог, при прокладке кабелей в химически агрессивных грунтах.

Прокладка кабелей в кабельных сооружениях. При прокладке в одном направлении большого количества кабелей (более 20), что характерно для энергоемких промышленных предприятий, используются кабельные сооружения: тоннели, галереи, эстакады, каналы. Подземный кабельный тоннель (рис. 4.4, а) сооружается из сборного железобетона 1. Внутри тоннеля по опорным конструкциям 2 прокладываются кабели 3. Размеры тоннеля должны обеспечивать двухстороннее обслуживание кабелей. Галереи и эстакады принципиально

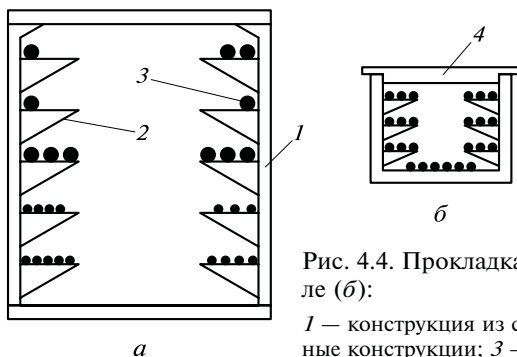


Рис. 4.4. Прокладка кабелей в тоннеле (а) и канале (б):

1 — конструкция из сборного железобетона; 2 — опорные конструкции; 3 — кабель; 4 — плита перекрытия

отличаются от тоннелей тем, что располагаются над поверхностью земли на железобетонных стойках и используются на производствах, где возможны скопления горючих и взрывоопасных газов, тяжелее воздуха, и в местах с высокой агрессивностью грунта.

На территории промышленных предприятий кабели могут прокладываться в каналах (рис. 4.4, б). Плита верхнего перекрытия канала выполняется съемной, массой не более 70 кг, что обеспечивает подъем этой плиты вручную и удобное обслуживание кабелей при эксплуатации.

При приемке кабельных сооружений под монтаж кабелей проверяется соответствие этих сооружений проекту КЛ. В тоннелях и каналах должны быть выполнены мероприятия по предотвращению попадания в них технологических и грунтовых вод: стыки железобетонных конструкций должны быть герметизированы, полы — иметь уклон не менее 0,5 % в сторону водосборников.

Кабельные сооружения должны быть оборудованы электрическим освещением, сетью для подключения переносных светильников и инструмента, обеспечены естественной или искусственной вентиляцией и средствами пожаротушения. Кабельные сооружения большой длины должны делиться на отсеки длиной не более 150 м негорячими перегородками. В кабельных сооружениях в целях пожарной безопасности кабели прокладываются без наружного джутового покрова, СПЭ кабели — в защитной оболочке из поливинилхлорида пониженной горючести (ПВВнг, АПВВнг). В целях сокращения количества соединительных муфт кабели в кабельных сооружениях прокладываются, как правило, целыми строительными длинами.

Прокладка кабелей сечением 25 мм^2 и более, за исключением небронированных кабелей в свинцовой оболочке, выполняется по кабельным конструкциям (консолями), располагаемыми друг от друга на расстоянии не более 1 м. Небронированные кабели в свинцовой оболочке и небронированные кабели всех исполнений сечением 16 мм^2 и менее должны прокладываться по лоткам или полкам. Кабели напряжением до 1 кВ должны располагаться в кабельных сооружениях над кабелями напряжением свыше 1 кВ.

После прокладки кабелей каналы закрываются верхними съемными плитами и засыпаются слоем земли толщиной не менее 0,3 м. На огражденных территориях промышленных предприятий засыпка кабельных каналов землей не обязательна. Подземные тоннели должны иметь поверх перекрытия слой земли толщиной не менее 0,5 м.

Открытая прокладка кабелей в производственных помещениях. Открытая прокладка кабелей в цехах промышленных предприятий выполняется по опорным конструкциям, изготовляемым в виде:

- стальных стоек с полками или лотками;
- стоек со скобами или кронштейнами;
- настенных полок и лотков.

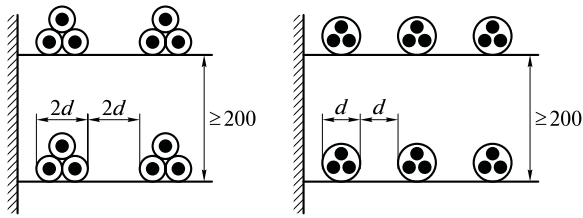


Рис. 4.5. Расположение кабелей на опорных конструкциях

Открытую прокладку кабелей ведут как механизированным, так и ручным способом. Тяжелые кабели большой длины прокладывают с помощью лебедки по линейным и угловым роликам. Легкие и короткие кабели разматывают вручную, а затем переносят и укладывают на опорные конструкции. Расположение одножильных и трехжильных кабелей на опорных конструкциях (полках, лотках) показано на рис. 4.5. Проложенные кабели жестко закрепляются скобами (хомутами) в конечных точках, непосредственно у соединительных и концевых муфт, с обеих сторон на поворотах трассы.

Конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, должны иметь исполнение, исключающее возможность механического повреждения оболочек кабелей. Поэтому в местах жесткого крепления небронированных кабелей со свинцовой или алюминиевой оболочкой используются прокладки из эластичного материала. Небронированные кабели с пластмассовой оболочкой (шлангом), кабели СПЭ, а также бронированные кабели допускается крепить к конструкциям без таких прокладок. Проход кабелей через перегородки, стены и междуэтажные перекрытия производится в трубах или проемах. После прокладки кабелей зазоры в трубах и проемах должны быть заделаны легко пробиваемым несгораемым материалом. Все опорные металлические конструкции должны быть электрически соединены между собой и подключены к заземляющему устройству не менее чем в двух местах.

Открыто прокладываемые кабели обозначаются бирками с указанием марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии; на бирках соединительных муфт указываются номер муфты и дата ее монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды и устанавливаются в начале и конце линии и по ее длине через 50 м, а также на поворотах трассы и в местах прохода кабелей через перегородки и перекрытия (с обеих сторон прохода).

4.3. Организация прокладки кабелей

К началу работ по прокладке кабелей должны быть полностью закончены строительные работы, включая установку закладных деталей для закрепления кабельных конструкций; выполнены основ-

ные отделочные работы (штукатурные и окрасочные), смонтированы электроосвещение, вентиляция, а также системы пожаротушения и водоудаления.

Траншеи и блоки для прокладки кабелей к началу работ должны быть полностью подготовлены. Кабельные сооружения и траншеи до начала работ должны быть приняты от строительной организации по акту. В кабельных сооружениях должно быть предусмотрено достаточное количество монтажных проемов для подачи блоков кабельных конструкций, кабельной продукции, механизмов и приспособлений для прокладки кабелей. Количество монтажных проемов определяется конструкцией кабельных сооружений. Кабельные сооружения должны иметь минимальное количество поворотов, изменений уровня, разветвлений. В местах поворотов кабельных сооружений предусматривается их уширение, а в местах разветвлений — увеличение по высоте. На поворотах и в местах перепада высоты кабельных сооружений должны быть предусмотрены плавные переходы с углами поворота трассы не менее 90° .

Барабаны с кабелями хранят в соответствии с требованиями нормативно-технической документации на конкретные типы кабелей. Допускается хранение кабелей на барабанах в обшитом состоянии на открытых площадках при сроке хранения не более двух лет. Концы кабеля должны быть герметически заделаны:

- кабели с бумажной изоляцией — свинцовыми, алюминиевыми или пластмассовыми (термоусаживаемыми) колпачками (каппами);
- кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией — липкой поливинилхлоридной лентой, резиновыми или пластмассовыми колпачками.

При погрузке (разгрузке) барабанов с кабелем краном следует применять грузозахватное приспособление. Разгрузка барабанов сбрасыванием с автомобилей и других транспортных средств запрещается. Для перевозки барабанов с кабелем к месту прокладки применяют кабельные транспортеры, грузовые автомобили, автопогрузчики (на небольшие расстояния). При прочной обшивке барабана допускается перекатка барабана с кабелем по ровной поверхности на расстояние не более 100 м. Перекатка барабана с выступающими концами кабеля запрещается. Концы кабеля должны быть закреплены на барабане.

Перед прокладкой кабеля производят внешний осмотр барабана, его обшивки, а также верхних витков кабеля и составляют акт осмотра кабеля на барабане. В случае обнаружения при осмотре повреждений кабеля (вмятины, проколы, трещины в каппе и т. п.) его прокладка разрешается только после отрезка поврежденных участков кабеля, проверки изоляции на отсутствие влаги и установки новых капп. Барабаны с кабелем должны иметь протокол заводских испытаний. При потере протокола кабель перед прокладкой испытывают повышенным напряжением. Испытание выполняет заказчик.

До прокладки кабеля к месту монтажа доставляют механизмы и приспособления, необходимые для раскатки кабелей (лебедки, ролики кабельные линейные и угловые, кабельные домкраты, приспособления для затяжки кабеля в трубы и т.д.), а также необходимые инструменты и материалы. Кабель должен раскатываться с верхней части барабана. После снятия обшивки с торцов щек барабана удаляют гвоздодером или тщательно забивают торчащие гвозди, соблюдая меры предосторожности против повреждения кабеля.

Перед прокладкой кабелей в траншее в соответствии с проектом производится геодезическая разбивка кабельной трассы. После геодезической разбивки ответственный руководитель строительных работ совместно с представителями электромонтажной и эксплуатирующей организации осматривают на месте намеченную проектом трассу прокладки кабелей. В процессе осмотра представитель строительной организации проверяет соответствие геодезической разбивки проекту, а также наличие и соответствие проекту отметок в местах пересечения трассы с инженерными сооружениями и естественными препятствиями, а представитель электромонтажной и эксплуатирующей организации — соответствие трассы требованиям СНиП и ПУЭ. При осмотре следует убедиться в отсутствии мест, содержащих вещества, разрушительно действующие на металлическую оболочку кабелей. В случае несоответствия проекта реальной трассе, а также требованиям СНиП и ПУЭ изменения в рабочие чертежи вносит проектная организация, при этом они должны быть согласованы со всеми заинтересованными организациями.

К рытью траншей и прокладке в них кабелей приступают после окончания всех других работ по сооружению подземных коммуникаций и окончательной планировки территории (до нанесения усовершенствованного покрытия), по которой проходит кабельная трасса. При рытье траншей необходимо соблюдать геодезическую разбивку трассы: вертикальные отметки дна траншеи, привязку траншеи к различным ориентирам.

Монтаж кабелей в кабельных сооружениях начинается с приемки законченных строительством кабельных сооружений. Проверяется соответствие сооружений проекту, а также требованиям ПУЭ:

- наличие, количество и расположение дверей, люков, перегородок, отсеков, проходов для кабелей через перегородки и перекрытия;
- выполнение мероприятий по предотвращению попадания в сооружение технологических вод и масел, почвенных и ливневых вод; наличие дренажа, водосборников и оборудование их дренажными механизмами;
- наличие съемных плит для перекрытия кабельных каналов; наличие и правильность установки закладных частей для монтажа кабельных конструкций;
- выполнение вентиляции, противопожарных мероприятий.

Перед прокладкой кабелей в блоках необходимо очистить каналы блока от бетонного раствора, проникающего при стыковке блоков, и строительного мусора (см. подразд. 2.1). Проволоку в каналы блоков рекомендуется затягивать в процессе сооружения блоков.

Перед транспортировкой барабанов с кабелями необходимо расставить барабаны на трассе, учитывая, что соединительные муфты могут быть размещены только в колодцах. Марку кабеля для прокладки в блоках выбирают в соответствии с проектом. Монтаж кабелей с бумажной пропитанной изоляцией при низких температурах (ниже -5°) выполняется после их предварительного подогрева, поскольку при отрицательных температурах эта изоляция отвердевает, становится неэластичной и при прокладке кабеля может быть повреждена. Наиболее простой способ прогрева кабеля — в теплом помещении. Продолжительность прогрева зависит от температуры воздуха в помещении и составляет 72 ч при температуре $5 \dots 10^{\circ}\text{C}$, 24 ч при температуре $10 \dots 25^{\circ}\text{C}$ и 18 ч при температуре $25 \dots 40^{\circ}\text{C}$.

При необходимости сокращения указанного времени используют метод прогрева кабеля электрическим током прямо на барабанах, следя за температурой наружного покрова кабеля на внешних витках барабана, которая не должна превышать 20°C . При этом условии температура изоляции кабеля во внутренних витках барабана не превысит допустимого значения.

Важным организационным моментом при сооружении кабельных сетей является сдача кабельных линий в эксплуатацию. После окончания монтажа трассы кабельных линий наносят на план с привязкой их координат к существующим постоянным строениям. Если трасса не может быть нанесена на план, то по ней наносят опознавательные знаки, к которым производится привязка линии. Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименования. Если кабельная линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т. д.

На кабелях устанавливают маркировочные бирки с указанием марки, номинального напряжения, числа и сечения жил кабеля, номера или наименования кабельной линии; на бирках у концевых заделок должны быть обозначены конечные пункты прокладки кабеля. Маркировать кабели следует в процессе их прокладки.

На скрыто проложенных кабелях (в траншее, трубах, блоках и т. п.) бирки устанавливают на конечных пунктах у концевых заделок, в колодцах и камерах блочной канализации и у соединительных муфт.

Бирки на открыто проложенных кабелях в каналах, тоннелях, производственных помещениях устанавливают у концевых заделок, соединительных муфт, в местах изменения трассы, с обеих сторон проходов через междуэтажные перекрытия, стены и перегородки, в местах ввода (вывода) кабеля в траншеи и кабельные сооружения.

На кабелях, проложенных в кабельных сооружениях, бирки устанавливают также на прямолинейных участках через каждые 50... 70 м.

В сухих помещениях применяют бирки из пластмассы, стали, алюминия, а в сырых помещениях, в помещениях с химически активной средой, вне здания и в земле — бирки из пластмассы. Обозначение на бирках для кабелей, проложенных в земле и в помещениях с агрессивной средой, выполняют штамповкой кернением или выжиганием. Для других условий прокладки кабелей обозначения на бирках допускается наносить несмываемой краской. Бирки закрепляют оцинкованной проволокой диаметром 1... 2 мм либо капроновой или пластмассовой ниткой. Для защиты обозначений на металлических бирках, находящихся непосредственно в земле (у соединительных муфт), бирки покрывают двумя-тремя слоями просмоленной ленты. Для кабелей разных назначений рекомендуется применять маркировочные бирки, разные по геометрической форме: прямоугольные — для силовых кабелей напряжением до 1 кВ, круглые — для силовых кабелей напряжением свыше 1 кВ, треугольные — для контрольных кабелей.

После окончания монтажа кабельной линии кабели должны быть испытаны в объеме и по нормам, предусмотренным требованиями ПУЭ, ГОСТ и техническими условиями на кабельную продукцию.

Необходимый объем технической документации, представляемой при сдаче кабельной линии в эксплуатацию:

1. Проект кабельной линии с нанесенными на нем изменениями и отступлениями, с указаниями, кем и когда они были согласованы. На плане кабельной линии, проложенной в траншее, координаты соединительных муфт должны быть привязаны к существующим постоянным строениям или специальным опознавательным знакам.

2. Схема кабельной линии с указанием заводских номеров барабанов проложенных кабелей и их длины, последовательности укладки и нумерации соединительных муфт при прокладке кабелей в траншее.

3. Материалы по согласованию трассы кабельной линии.

4. Акты приемки траншей, каналов, тоннелей и блоков под монтаж кабелей.

5. Протоколы заводских испытаний барабанов с кабелем, а при их отсутствии — протоколы испытаний кабелей до прокладки на монтажной площадке. Для кабелей 110 кВ также должны быть представлены протоколы заводских испытаний муфт и подпитывающей аппаратуры.

6. Протоколы осмотра и проверки изоляции кабелей на барабанах перед прокладкой.

7. Протоколы прогрева кабелей на барабанах перед прокладкой при низких температурах.

8. Акты осмотра кабельной канализации в траншеях и каналах перед закрытием.

9. Журнал прокладки кабелей.
10. Журнал разделки кабельных муфт напряжением выше 1 кВ.
11. Протоколы испытания силовых кабелей после окончания монтажа.

4.4. Соединение и оконцевание кабелей

Для присоединения к электрооборудованию применяют кабельные муфты и специальные заделки. Различают несколько видов кабельных муфт. *Соединительная кабельная муфта* — устройство, предназначенное для соединения кабелей, обеспечивающее надежное и герметичное соединение. *Стопорная кабельная муфта* — специальная соединительная муфта, предназначенная для соединения кабелей и предотвращения стекания кабельной массы при прокладке кабелей на трассах с перепадами по высоте. *Концевая кабельная муфта* — устройство, предназначенное для присоединения кабелей к аппаратам наружной и внутренней установки или воздушным линиям электропередачи. *Концевая кабельная заделка* — устройство, предназначенное для присоединения кабелей к аппаратам внутренней установки. Кабельная заделка не имеет специального защитного корпуса.

В соединительной муфте происходит переход от заводской изоляции токоведущих жил в изоляционную среду, выполненную вручную, поэтому изоляционная среда муфты обладает худшими изоляционными свойствами. В связи с этим в соединительной муфте должны быть увеличены изоляционные расстояния и приняты меры для уменьшения напряженности электрического поля. Надежность работы соединительной муфты зависит от ее герметичности, механической прочности, электродинамической устойчивости.

Перед монтажом муфты конец кабеля разделяется. Операция разделки кабеля заключается в последовательном удалении с некоторым сдвигом всех слоев кабеля от наружной защитной оболочки до фазной изоляции токоведущей жилы (рис. 4.6 и 4.7). Размеры

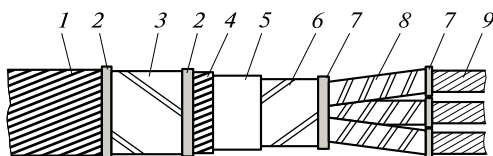


Рис. 4.6. Общий вид разделанного трехжильного кабеля с бумажной изоляцией:

1 — наружный защитный покров; 2 — проволочный бандаж; 3 — броня из стальных лент; 4 — подушка под броней; 5 — герметичная оболочка; 6 — общая (поясная) изоляция; 7 — бандаж из ниток; 8 — фазная изоляция; 9 — токопроводящие жилы

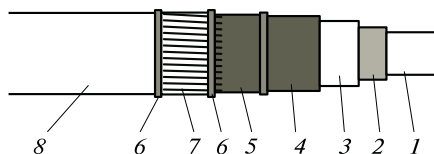


Рис. 4.7. Общий вид разделанного одножильного СПЭ кабеля:

1 — токопроводящая жила; 2 — экран из полупроводящей пластмассы; 3 — СПЭ изоляция; 4 — экран из полупроводящей пластмассы; 5 — водонабухающий слой; 6 — проволочный бандаж; 7 — экран из медных проволок; 8 — наружная защитная пластмассовая оболочка

разделки зависят от напряжения, марки, сечения жил кабеля и приводятся в справочниках и монтажных инструкциях.

Применяют соединительные муфты четырех видов: чугунные, свинцовые, эпоксидные, латунные.

Чугунные муфты. Применяются для соединения силовых кабелей с бумажной изоляцией напряжением до 1 кВ. Типы муфт: СЧ и СЧм (малогабаритная). Чугунная муфта состоит из двух полумуфт, стягиваемых болтами. Верхняя полумуфта имеет съемную крышку для заливки кабельной массы. Нижняя полумуфта имеет по всему периметру паз для прокладки из маслостойкой резины и около горловины — два болта для заземления. Изоляционные расстояния между жилами кабеля в муфте СЧ фиксируются распорными фарфоровыми пластинами, в муфте СЧм распорные пластины не применяются. Соединение токоведущих жил выполняется опрессовкой, термитной сваркой или пайкой. После завершения монтажа муфту заливают разогретой до температуры 160...190 °С битумной массой МБ-70 (в земле) или МБ-90 (внутри помещений) в несколько приемов. Если чугунная муфта находится в земле, ее покрывают горячим битумом. Недостатки чугунных муфт: большой вес и громоздкость, что затрудняет их применение внутри зданий, в каналах; недостаточная герметичность, влага может проникать через горловины и их уплотнения.

Свинцовые муфты. Применяются для кабелей напряжением 6 и 10 кВ в свинцовой и алюминиевой оболочке и для кабелей до 1 кВ в случаях, когда требуется повышенная надежность. Свинцовая муфта (рис. 4.8) представляет собой свинцовую трубу, которая может быть изготовлена в монтажной организации и на заводе. При монтаже свинцовой муфты жилы кабеля соединяются сваркой или пайкой. Основной операцией является восстановление изоляции в месте соединения жил. Восстановление изоляции в месте соединения жил выполняют с помощью роликов или рулонов из пропитанной кабельной бумаги, которые выпускаются кабельной промышленностью в виде специальных комплектов в запаянных жестяных банках вместе с пряхей подмотки и бандажа. Банки герметически закупорены и заполнены пропиточной массой МП-1. Свинцовые муфты заливают

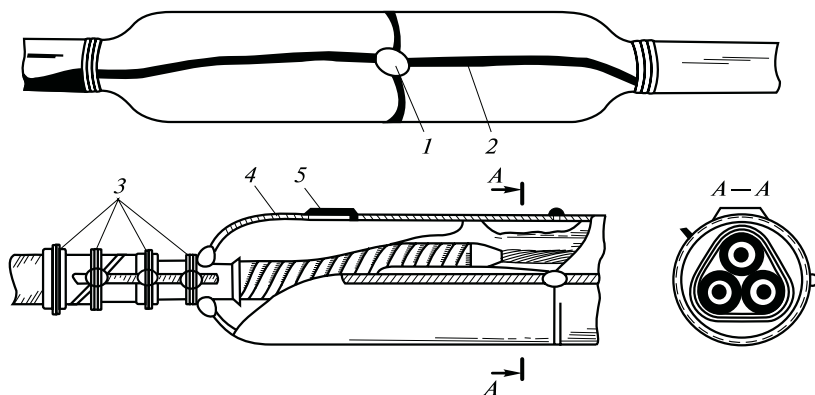


Рис. 4.8. Свинцовая соединительная муфта кабелей напряжением 6 и 10 кВ:
 1 — участок присоединения заземляющего провода к корпусу муфты; 2 — заземляющий провод; 3 — проволочные бандажы; 4 — корпус; 5 — заливочное отверстие, закрытое свинцовой пластиной

кабельным массами заводского изготовления через отверстия, предварительно вырубленные в муфте.

Для защиты от механических повреждений свинцовые муфты на кабелях, проложенных в земле, помещают в защитные чугунные кожухи которые заливают кабельной битумной массой. Соединительные свинцовые муфты на кабеле, проложенном внутри сооружения; должны быть защищены стальными кожухами при толщине стенки не менее 5 мм.

Соединение в свинцовых муфтах обладает хорошей герметичностью и имеет меньшие габариты по сравнению с чугунными муфтами. Однако свинец является дорогостоящим и дефицитным металлом.

Эпоксидные муфты. Применяются для соединения кабелей напряжением 1, 6 и 10 кВ. Они не требуют расхода металла и устойчивы к химическим агрессивным воздействиям. При монтаже применяются эпоксидные муфты заводского изготовления, которые выпускаются в виде комплектов, состоящих из съемной формы из пластмассы, металла или литого эпоксидного корпуса муфты, набора необходимых материалов, расфасованных на одну муфту. Заводские комплекты муфт имеют марки:

- СЭс — для съемной формы;
- СЭп — с литым эпоксидным корпусом с поперечным разъемом;
- СЭм — со свинцовыми манжетами (рис. 4.9).

Эпоксидные муфты заливают эпоксидным компаундом, в который добавляют наполнитель и отвердитель. Наполнитель (пылевидный кварц) вводят для повышения механической прочности, для снижения коэффициента линейного напряжения. Отвердитель вводят непосредственно перед заливкой муфты для ускорения отвердевания.

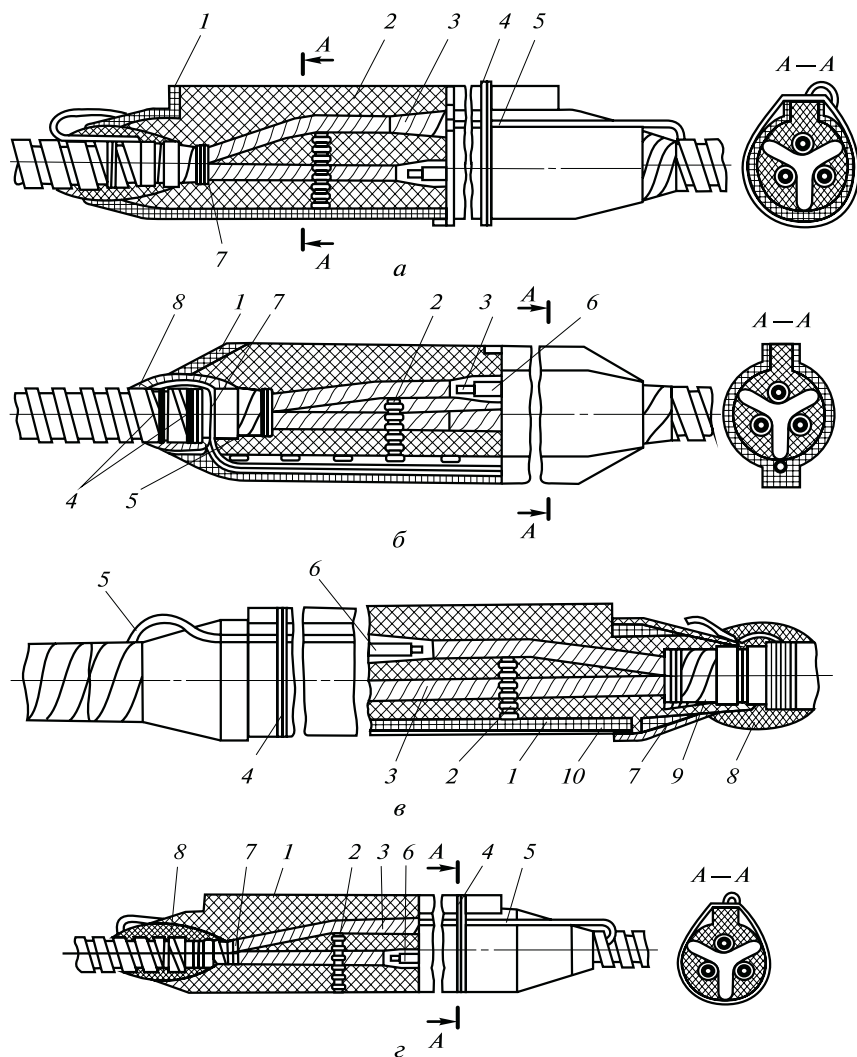


Рис. 4.9. Эпоксидные соединительные муфты (а — СЭП; б — СЭВ; в — СЭМ; г — СЭс):

1 — корпус муфты; 2 — распорка; 3 — подмотка жилы; 4, 7 — бандажы из проволоки и суровых ниток; 5 — провод заземления; б — соединение жил; 8 — герметизирующая подмотка; 9 — экран корпуса; 10 — свинцовая манжета

Время полного отвердевания зависит от температуры окружающей среды, если монтаж ведется при отрицательной температуре, то для нормального отвердевания необходимо создать положительную. Эпоксидные муфты, устанавливаемые на кабелях, проложенных

в тоннелях, каналах и других кабельных сооружениях, для обеспечения противопожарной защиты в случае взрыва защищают таким же кожухом, как и свинцовые.

Латунные муфты. Их устанавливают на кабелях с бумажной изоляцией с отдельно свинцованными жилами напряжением 20... 35 кВ. Соединительные муфты выполняют на каждой жиле в отдельности, после чего три однофазные соединительные муфты заключают в общий чугунный или стальной кожух. Соединительная муфта (СЛО-20 или СЛО-35) состоит из двух латунных полумуфт, которые соединяются между собой болтами, а по торцам со свинцовой оболочкой кабеля — пайкой. Восстановление изоляции жил делается с помощью кабельных рулонов, заливаются муфты масляно-канифольной массой МК-45 (для внутренней установки) или МК-Н (для наружной установки).

Стопорные муфты. Применяются для предотвращения стекания пропиточного состава кабеля с нормально пропитанной бумажной изоляцией при большой разности уровней трассы. Роль стопорных муфт успешно выполняют эпоксидные. Если нельзя использовать эпоксидные муфты, применяют специальные стопорные муфты марки Ст-6, Ст-10 для кабелей 6 и 10 кВ. Для соединения кабелей с нормально пропитанной изоляцией с кабелями с обедненно пропитанной изоляцией применяют стопорно-переходные муфты марки СтП-6 и СтП-10.

Стопорные устройства поступают на монтаж в готовом виде, упакованными в жестяные запаянные банки, заполненные масляно-канифольным составом. Стопорное устройство помещается в середине муфты, состоящей из двух латунных полумуфт, которые припаиваются к его латунной оправке. Оболочки соединяемых концов кабелей припаиваются к горловинам латунных полумуфт. Стопорная муфта заливается масляно-канифольной массой МК-45 при температуре ее 140 °С. При прокладке кабеля в земле стопорные муфты помещают в стальные или чугунные защитные кожухи.

Концевые заделки и муфты. Различают два основных вида оконцевания кабелей: внутри помещений — концевые заделки, вне помещений — концевые муфты. Наиболее распространенные виды концевых заделок: в свинцовых перчатках, резиновых перчатках, эпоксидные, сухие заделки.

Концевые заделки из эпоксидного компаунда для внутренней установки имеют марку КВЭ, применяются для оконцевания кабелей до 10 кВ. В зависимости от условий окружающей среды и конструкции кабелей имеется несколько исполнений заделок КВЭ, наиболее распространены КВЭн и КВЭд. При заделке марки КВЭн (рис. 4.10) на бумажную изоляцию жил надевают трубку из наиритовой резины. Эпоксидный корпус заделки образуется путем заливки съемной формы заранее приготовленным компаундом. Заделки КВЭн выпускают заводы в виде комплектов десяти типоразмеров. Каждый комплект

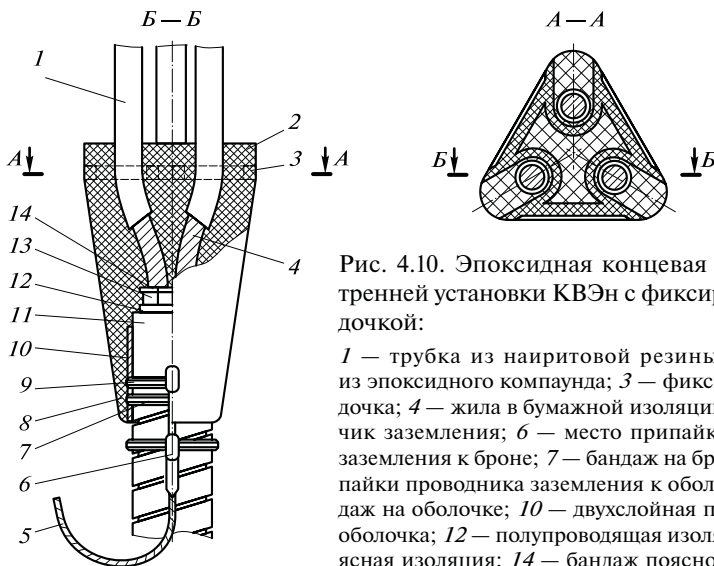


Рис. 4.10. Эпоксидная концевая заделка внутренней установки КВЭн с фиксирующей звездочкой:

1 — трубка из наиритовой резины; 2 — корпус из эпоксидного компаунда; 3 — фиксирующая звездочка; 4 — жила в бумажной изоляции; 5 — проводчик заземления; 6 — место припайки проводника заземления к броне; 7 — бандаж на броне; 8 — место пайки проводника заземления к оболочке; 9 — бандаж на оболочке; 10 — двухслойная подмотка; 11 — оболочка; 12 — полупроводящая изоляция; 13 — поясная изоляция; 14 — бандаж поясной изоляции

содержит необходимые компоненты и вспомогательные материалы на одну заделку.

В заделках марки КВЭд вместо наиритовых трубок для надевания на изоляцию жил используются двухслойные трубки: нижний слой из поливинилхлорида, верхний — из полиэтилена. Такие трубки обладают высокой влагостойкостью.

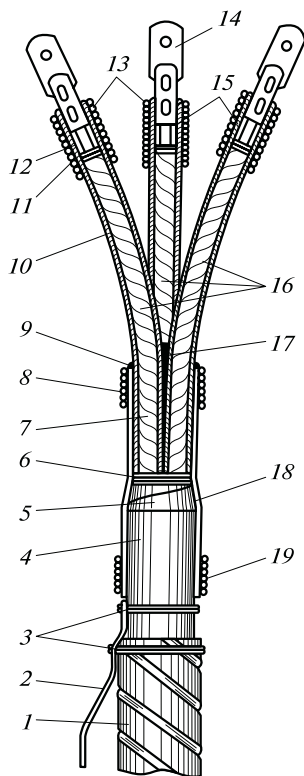
Концевые заделки в свинцовых перчатках марки КВС применяются для трехжильных кабелей до 10 кВ внутри помещений. Заделки КВС обладают высокой надежностью, но они дороже и сложнее в монтаже по сравнению с другими заделками и имеют ограниченное применение.

Концевые заделки в резиновых перчатках имеют марку КВР. Применяются для силовых кабелей напряжением 6 кВ при ограниченности разности уровней во всех помещениях (кроме сырых). Резиновая перчатка изготавливается из наиритовой резины, имеет три или четыре пальца, к которым приклеиваются трубки из резины для герметизации жил. Трубки захватывают цилиндрическую часть наконечника. Нижнюю часть перчатки приклеивают к оболочке кабеля. Резиновые перчатки для концевых заделок поставляются заводами в комплекте со вспомогательными материалами, расфасованными на одну заделку.

Сухие заделки кабеля имеют марку КВВ и применяются для оконцевания кабеля с бумажной изоляцией на напряжение до 10 кВ (рис. 4.11). Заделки КВВ нормально выдерживают разность уровней не более 10 м и могут быть выполнены с применением липкой лен-

Рис. 4.11. Концевая заделка типа КВВ:

1, 4 — броня и оболочка кабеля; 2 — провод заземления; 3 — проволоочные бандажи; 5 — поясная изоляция; 6, 11 — бандажи из хлопчатобумажной пряжи; 7 — токопроводящая жила; 8, 15, 19 — бандажи из крученого шпагата; 9 — поясная стаканобразная подмотка; 10 — подмотка жил поливинилхлоридной лентой; 12 — оголенный участок жилы; 13, 18 — выравнивающие подмотки; 14 — кабельный наконечник; 16 — участок наложения временного бандажа; 17 — наполнитель



ты без лака и с применением нелипкой ленты и жидкого поливинилхлоридного лака № 1 (покровного) и № 2 (заполнительного).

Основным требованием, предъявляемым к кабельной муфте, является надежность ее работы. Поэтому муфта должна быть герметичной, влагостойкой, обладать механической и электрической прочностью, стойкостью к воздействию окружающей среды. В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют муфты горячей (термоусаживаемые) и холодной усадки, применяемые для кабелей с любой изоляцией.

Термоусаживаемые муфты. Эти муфты используются при любом способе прокладки кабелей, надежны в эксплуатации (срок службы не менее 30 лет), характеризуются простотой монтажа (около 1 ч для оконцевания и до 2 ч для соединения кабелей напряжением 6—10 кВ). Напряжение на КЛ может подаваться сразу же после монтажа муфты.

Широкий диапазон термоусадки позволяет использовать один типоразмер муфты для разных типов кабелей и сечений жил, что значительно сокращает складской запас муфт. Например, всего два типоразмера покрывают весь диапазон сечений кабелей, используемых в распределительных сетях напряжением 6—10 кВ (один типоразмер используется для сечений 70...120 мм², второй — для сечений 150...240 мм²). Арматура термоусаживаемых муфт практически не подвергается старению и может складироваться неограниченно долго.

Принцип термоусадки основан на технологии изготовления поперечно сшитых полимеров с пластической памятью формы. В комплект термоусаживаемой муфты входят элементы (трубки, манжеты, перчатки, шланги и другие), поставляемые в растянутом состоянии,

что позволяет легко их надеть на элементы разделанного кабеля. При нагревании пропан-бутановой горелкой или строительным феном происходит усадка этих деталей и плотный охват элементов кабеля, чем создается герметичная и механически прочная конструкция. Температура усадки составляет 120...150 °С и не является опасной для изоляции кабеля.

Надежную герметизацию обеспечивают специальные клеевые и мастичные герметики, нанесенные на внутренние поверхности элементов муфты. Одновременно с нагревом термоусаживаемых элементов происходит расплав и растекание герметизирующих материалов с заполнением всех пустот.

Герметизирующие материалы за счет специальных добавок (ZnO) обладают полупроводящими свойствами и, следовательно, выравнивают электрическое поле. За счет этого полностью исключается причина разрядов в областях повышенной напряженности электрического поля (в контактных соединениях жил, на срезе экрана). Конструкции термоусаживаемых концевых муфт приведены на рис. 4.12. Основные операции монтажа термоусаживаемой концевой муфты для одножильного кабеля приведены на рис. 4.13. Монтаж концевой термоусаживаемой муфты для трехжильного кабеля принципиально не отличается от монтажа муфты одножильного кабеля. В муфтах трехжильных кабелей используются термоусаживаемые перчатки, надеваемые на три жилы разделанного кабеля.

Проводник заземления концевых муфт и проводник перемычки, обеспечивающий непрерывность цепи заземления в соединительных муфтах, монтируются с помощью системы непаянного заземления, поставляемого в комплекте муфты. Контактное соединение заземляющего проводника с металлической оболочкой (экраном) кабеля закрывается герметизирующей лентой, обеспечивающей защиту этого соединения от коррозии. Проводники заземления муфт выполняются гибким медным проводом. Сечения этих проводников должны быть не менее: 16 мм² — при сечении жил кабеля до 120 мм² и 25 мм² — до 240 мм².

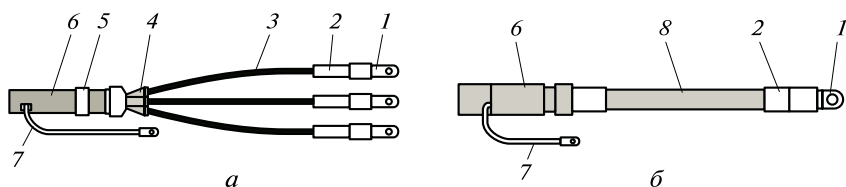


Рис. 4.12. Концевая термоусаживаемая муфта для трехжильного кабеля (а) и одножильного кабеля (б):

1 — наконечник; 2 — манжета концевая; 3 — трубка жильная; 4 — пальцевые манжеты и перчатка; 5 — лента — регулятор для выравнивания электрического поля; 6 — манжета поясная; 7 — проводник заземления; 8 — шланг

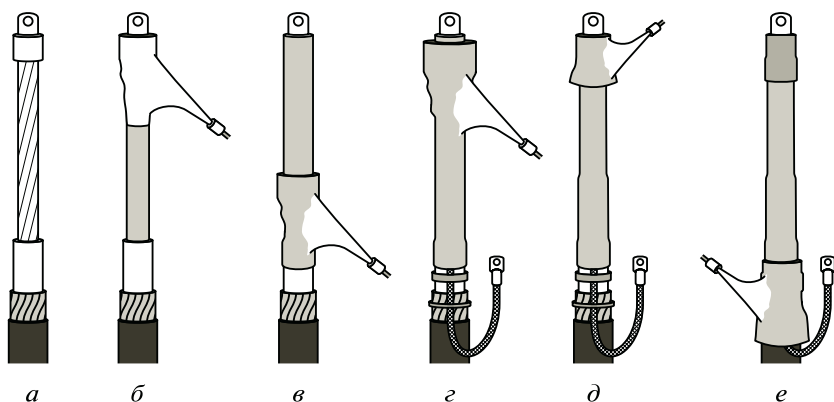


Рис. 4.13. Монтаж концевой термоусаживаемой муфты:

а — разделанный кабель с наконечником; *б* — усаживание трубки регулятора, выравнивающей электрическое поле; *в* — усаживание жильной манжеты; *г* — установка проводника заземления и усаживание шланга; *д* — усаживание концевой манжеты; *е* — усаживание поясной манжеты

При монтаже термоусаживаемых муфт удается уйти от таких экологически вредных операций, как пайка при монтаже свинцовых муфт, битумное наполнение муфт. При термоусадке отсутствуют экологически опасные газовые выделения.

Муфты холодной усадки обладают всеми достоинствами термоусаживаемых муфт. Кроме того, монтаж муфты холодной усадки не требует операции нагрева, что позволяет сократить время монтажа такой муфты приблизительно в два раза по сравнению со временем монтажа термоусаживаемой муфты. Муфта холодной усадки состоит из ЕПДМ-резины, предварительно натянутой на удаляемую при монтаже спираль. При удалении спиралевидного корда за специально оставленные с обеих сторон муфты свободные концы корда муфта легко усаживается, обеспечивая полную герметизацию кабеля. Толстые стенки муфты создают дополнительную защиту от механических воздействий. Кроме того, ЕПДМ-резины устойчива к воздействию

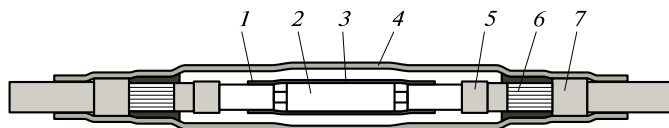


Рис. 4.14. Соединительная муфта холодной усадки:

1 — экструдированный двухслойный силиконовый корпус; *2* — соединительная гильза; *3* — полупроводящая пластина; *4* — общий защитный кожух из ЕПДМ-резины; *5* — мастика для выравнивания электрического поля; *6* — медная сетка и соединитель экрана; *7* — герметизирующая мастика

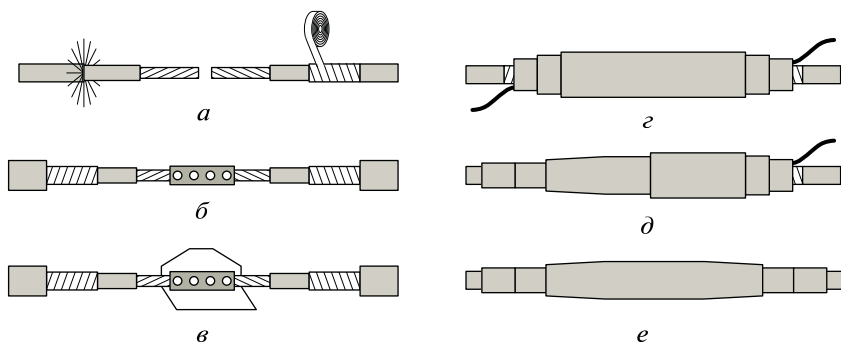


Рис. 4.15. Монтаж соединительной муфты холодной усадки:

а — подготовка экранов соединяемых кабелей; *б* — соединение жил опрессованием; *в* — наложение на место контактного соединения жил пластины с полупроводящим слоем для выравнивания электрического поля; *г* — закрытие муфтой места соединения жил кабелей; *д* — вытягивание спиралевидного корда с той и другой стороны муфты; *е* — муфта, готовая для подачи напряжения на кабель

влаги, кислот, щелочей и ультрафиолетового излучения. Соединительная муфта холодной усадки для одножильного кабеля показана на рис. 4.14. Основные операции монтажа такой муфты показаны на рис. 4.15.

Термоусаживаемые муфты и муфты холодной усадки сохраняют гибкость кабеля, не разрушаются при циклических температурных нагрузках и смещениях грунта при смене времен года. Продольное усилие на разрыв муфты составляет 60 % от усилия на разрыв кабеля. Стопорные свойства таких муфт позволяют увеличить допустимую разность уровней кабельной трассы для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите конструкцию и основные элементы кабеля.
2. Охарактеризуйте способы прокладки КЛ.
3. Опишите основные элементы технологии прокладки кабелей в траншеях.
4. Перечислите требования к кабельным сооружениям.
5. Опишите процедуру сдачи кабельных линий в эксплуатацию.
6. Каковы виды и назначение кабельных муфт?
7. В чем состоят преимущества и особенности монтажа термоусаживаемых муфт?

5.1. Провода и кабели для электропроводок

Цеховая электрическая сеть включает в себя проводники и изделия, необходимые для прокладки и крепления проводников, соединения и присоединения проводников, опорные конструкции. Электрическую сеть прокладывают от источника питания к электроприемникам. Монтаж электрической сети составляет примерно 50...60% общего объема электромонтажных работ промышленной установки. Электрическая сеть должна собираться с минимальными трудовыми затратами из изделий, изготовленных вне зоны монтажа. Конструктивное выполнение цеховой электрической сети должно обеспечить надежность ее в эксплуатации и высокую степень индустриализации ее монтажа.

Цеховые электрические сети выполняют:

- изолированными проводниками, проложенными открыто на специальных конструкциях или непосредственно по поверхности стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий;
- изолированными проводниками, проложенными скрыто внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях, в подготовке пола, и т.д.);
- шинопроводами.

Провод представляет собой одну неизолированную жилу или одну и более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации могут быть неметаллическая оболочка (изоляция) и металлические или неметаллические защитные покрытия. Провода подразделяются на изолированные и неизолированные (голые), защищенные и незащищенные. *Неизолированные провода* применяются в основном для прокладки воздушных линий, изготавливаются алюминиевыми, сталеалюминевыми, медными, бронзовыми и стальными. *Изолированные провода* имеют только алюминиевые или медные токопроводящие жилы. В качестве электрической изоляции жил проводов применяют резину и пластмассу.

Для защиты от механических повреждений и действия света и влаги провода покрывают оболочкой из резины, пластмассы или металлических лент. Провода, имеющие оболочку, называются *защищенными*; провода, не имеющие защитную оболочку, — *незащищенными*. Провода имеют также легкий защитный покров в виде оплетки из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом; этот покров не является защитной оболочкой.

Провода и кабели изготавливаются одножильными и многожильными, когда в одной оболочке имеются одна или несколько токопроводящих жил, изолированных одна от другой. Жилы могут быть однопроволочными и многопроволочными, гибкими; поперечное сечение токопроводящих жил измеряется в квадратных миллиметрах.

Провода и кабели различают по числу жил и сечениям жил, а также по номинальному напряжению. По числу жил — от одной до четырех (контрольные кабели от 4 до 37 жил); по сечению — от 0,35 до 2 000 мм². Стандартными являются следующие сечения жил: 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4; 6; 8; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800; 1 000; 1 200; 2 000 мм². Сечения 0,35; 0,5 и 0,75 — только для медных жил. Провода изготавливаются на напряжение 380, 660 и 3 000 В переменного тока; кабели — на те же напряжения до 1 кВ и на все стандартные напряжения свыше 1 кВ до 110 кВ.

В соответствии с конструкцией проводов и кабелей им присваивается марка, состоящая из буквенных обозначений. В маркировке проводов первая буква указывает материал токоведущей жилы (А — алюминий); отсутствие буквы А означает, что токопроводящая жила из меди. Вторая буква П означает провод, третья — материал изоляции: Р — резина, В — поливинилхлорид, П — полиэтилен. В марках проводов могут быть и другие буквы, характеризующие другие элементы конструкции: О — оплетка, Т — прокладка в трубах, П — плоский с разделительным основанием, Ф — металлическая фальцованная оболочка, Г — гибкий.

Незащищенные изолированные провода. Провода АППВ и ППВ — плоские, двух- и трехжильные (рис. 5.1), с алюминиевой (АППВ) и медной (ППВ) жилой, поливинилхлоридной изоляцией, разделительным основанием на напряжение 380 В, АППВ сечением

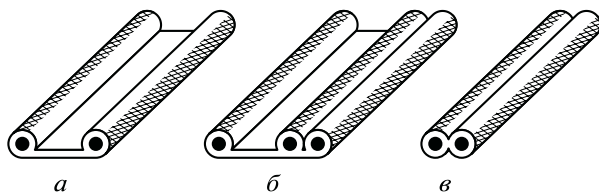


Рис. 5.1. Плоские провода:

а — двухжильные типов АППВ, ППВ, АППР; *б* — то же, трехжильные; *в* — АППВС, ППВС

от 2,5 до 6 мм², ППВ от 0,75 до 4 мм². Провода АППВС и ППВС — то же, что и предыдущие, но без разделительного основания, светостойкие. Провода АЛ РТО и П РТО — одно-, двух-, трех-, семи-, десяти-, четырнадцатизильные с алюминиевой (АПРТО) и медной (ПРТО) токопроводящей жилой с резиновой изоляцией, на напряжение 660 В сечением от 2,5 до 120 мм², медные — от 0,75 мм², для прокладки в трубах, оплетке.

Защищенные провода. Провода АПРН и ПРН — одножильные, с резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке, на напряжение 660 В, сечением до 120 мм². Провода ПРГН — то же, что и провода ПРН, но с гибкой медной жилой. Провода ПРВД — с гибкой медной токопроводящей жилой, резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, двухжильные. Провода АВТ и АВТУ — с алюминиевой жилой, поливинилхлоридной изоляцией с несущим тросом (АВТ) и усиленным несущим тросом (АВТУ), двух- и трехжильные для тросовой проводки.

Кабели. Наиболее распространенные марки кабелей для монтажа цеховых сетей — кабели марок АШТ и ВРГ. Это одно-, двух-, трех- и четырехжильные кабели с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, с алюминиевыми и медными жилами, небронированные, без наружного покрова (Г — голые), применяются для открытой прокладки.

Кабели АНРГ и НРГ аналогичны кабелям АВРГ и ВРГ, но имеют резиновую (найритовую) оболочку. Кабели АВВГ и ВВГ имеют полилихлоридную изоляцию и такую же оболочку, кабели АГШГ и ПВГ имеют полиэтиленовую изоляцию и поливинилхлоридную оболочку. Все эти кабели выпускаются одно-, двух-, трех- и четырехжильными на 660 В. Указанные оболочки не защищают кабели от механических повреждений. Там, где трасса должна быть защищена от механических повреждений, применяются бронированные кабели марок АВРБГ, АНРБГ, АВББ, АВПБ с алюминиевыми жилами или ВРБГ, НРВГ и ВВС, ВПВ с медными жилами.

5.2. Монтаж электропроводок

Монтаж электропроводок выполняют в две стадии. На первой стадии производятся подготовительные и заготовительные работы в мастерских электромонтажных заготовок и непосредственно на монтажных объектах. В мастерских и изготавливают и собирают укрупненные блоки: шинные, трубные, заземления электропроводок и т. п.

Непосредственно на монтажной площадке производят:

- разметку и подготовку трасс электрических сетей и заземляющих устройств, закладку труб в строительные основания при переходе из одного помещения в другое, при выходе наружу;

- установку закладных элементов и деталей для последующего крепления к ним электрооборудования и конструкций;
- контролируют образование в процесс строительства проемов, ниш, гнезд, борозд, необходимых для установки электрооборудования и монтажа электропроводок.

На второй стадии выполняют собственно электромонтажные работы непосредственно на монтажном объекте. В эти работы входят:

- установка на подготовленные места электрооборудования и электроконструкций;
- прокладка по подготовленным трассам готовых элементов электропроводок;
- подключение электрических сетей к установленным электрооборудованию, аппаратам и приборам.

Строительные работы в помещениях, принимаемых под монтаж, должны быть в таком состоянии, которое описано в подразд. 2.1.

Подготовка трасс электропроводок состоит из следующих монтажных операций:

- разметка трасс и мест установки крепежных деталей;
- пробивные работы для установки крепежных деталей;
- установка крепежных деталей в строительных конструкциях.

Работы по подготовке трасс электропроводок относятся к числу наиболее трудоемких операций. Разметочные работы начинают с привязки трасс к местам расположения распределительных устройств, вводов, пусковых приборов и приемников электроэнергии. Для этого сначала размечают места пробивки отверстий, гнезд и ниш или места установки закладных элементов для закрепления электрооборудования. Затем определяют и размечают трассу электропроводки, места проходов через стены и перекрытия, места установки коробок, крепежных деталей для труб, кабелей и т.д. Для тросовых электропроводок производят разметку мест анкерных промежуточных креплений, для электропроводок на лотках — мест установки поддерживающих конструкций и точек их крепления к строительным элементам зданий: при прокладке проводов и кабелей по полосам и лентам — мест крепления полос и лент.

При разметке трубных трасс выполняют точную привязку мест выхода концов труб к электроприемникам. Разметку трасс открытых проводов выполняют отбивкой (с помощью окрашенного шнура) вертикальных и горизонтальных линий, соблюдая параллельность линиям сопряжения стен и потолков. Поперечными линиями отмечают места установок опорных конструкций и крепежных деталей в следующей последовательности: сначала у коробок, электроприемников, на поворотах, у проходов, а затем промежуток крепления. Места установки крепежных деталей располагают вдоль трассы симметрично и на одинаковых расстояниях, не превышающих максимально допустимые. Проходы располагают на одной линии и в одной плоскости с прокладываемыми проводами и кабелями.

Скрытую прокладку проводов по перекрытиям (в штукатурке, в щелях и пустотах плит или под плитой перекрытия) при возможности выполняют по кратчайшему расстоянию между наиболее удобным местом перехода на потолок и к светильникам. Разметку трасс скрытых проводов, углубленных в борозды стен и потолков, осуществляют по кратчайшему направлению от вводов к электрооборудованию и светильникам. При сооружении зданий из сборных строительных конструкций с отформованными в них каналами для проводов и проемами, нишами и углублениями для распределительных устройств и установочных изделий разметку мест установки приборов и трасс проводов не делают. Вместо разметочных работ проверяют пригодность каналов для затягивания проводов, особенно в местах сопряжения строительных элементов здания. Наибольшие расстояния между точками крепления проводов, расстояния между параллельно проложенными проводами, допустимые радиусы изгиба проводов, кабелей и труб, минимальные габариты прокладки сети над различными поверхностями и другие требования для разметки трасс регламентированы действующими правилами и нормами.

Пробивные работы, которых полностью избежать невозможно, должны выполняться механизированным способом. В качестве средств механизации пробивных работ используют электрические и пневматические сверлильные машины и перфораторы, оснащенные рабочим инструментом (сверлами, бурами, шлямбурами, коронками). Для сверления отверстий и гнезд в строительных основаниях применяют электрические сверлильные машины, предназначенные для сверления по металлу и дереву. Для сверления отверстий в железобетоне более эффективны электросверлильные машины с ударно-поворотными насадками и электромолотки с ударно-вращательным действием инструмента. Для пробивки отверстий больших размеров, особенно в бетонных основаниях, используют сжатый воздух как источник энергии, применяя молотки ударного и ударно-поворотного действия (перфораторы). Отверстия в кирпичных и бетонных основаниях под распорные дюбели пробивают специальным пробойником ручным или механизированным способом. При ручном пробивании пробойники вставляют в специальную оправку, при механизированном — в переходную втулку электрического или пневматического молотка. Диаметр пробойника выбирают на 0,5 мм меньше диаметра дюбеля, так как отверстие в стене при пробивании получается на 0,5...1 мм больше диаметра пробойника. Глубина отверстия должна соответствовать длине дюбеля.

Крепежные работы осуществляют:

- путем забивки крепежных дюбелей пистолетом, ручной или пиротехнической оправками;
- вмазкой в заранее подготовленное отверстие;
- приваркой к закладным частям;
- приклеиванием.

Выбор способа крепления производят в зависимости от вида строительного основания, характера нагрузки, массы закрепляемой детали, а также с учетом трудоемкости и стоимости работ.

Крепление монтажных деталей и легких конструкций (массой не более 5 кг) к строительным основаниям невысокой твердости производится забивкой крепежных деталей вручную. Для забивки дюбелей применяют ручную оправку, обеспечивающую при забивке дюбеля передачу удара молотка в осевом направлении. С помощью оправки закрепляют трубы, деревянные розетки, ответвительные коробки, защищенные провода и кабели, шины заземления, защитные кожухи и другие изделия, создающие небольшие нагрузки на забиваемые дюбели.

Крепление деталей и изделий сваркой к закладным частям производится при креплении элементов электрооборудования и конструкций к стенам, перекрытиям, колоннам, фермам, балкам и другим строительным основаниям. Закладные части представляют собой отрезки водо-, газопроводных труб, листовой, полосовой, угловой или круглой стали, которые предварительно устанавливают в строительных основаниях при сооружении зданий или при изготовлении строительных конструкций на заводах. Крепление электрооборудования и устройств электрической сети к закладным частям производится болтами или электросваркой, или через промежуточные переходные детали. При использовании закладных частей для крепления конструкций исключаются пробивные работы, а электромонтажные выполняются после окончательной отделки помещений.

Приклеивание крепежных деталей и изделий применяется при монтаже электропроводок, установочных изделий и мелких конструкций. Надежность и перспективность этого способа крепления обеспечивается применением клея БМК-5К на основе акриловой смолы. Закрепление проводов, полос заземления и мелких установочных изделий производят с помощью приклеиваемых крепежных деталей, а также непосредственным приклеиванием пластмассовых ответвительных коробок и других пластмассовых изделий, имеющих плоскую опорную поверхность не менее 6 см. Приклеивание по сравнению с другими способами крепления проводов и установочных изделий повышает производительность труда в два-три раза.

5.3. Открытые беструбные электропроводки

Электропроводка по способу выполнения бывает открытой и скрытой. *Открытой* называется электропроводку, проложенная на поверхности стен и потолков, по фермам, станинам машин, а *скрытой* — электропроводка, проложенная в конструктивных элементах зданий (стенах, полах, потолках), фундаментах и т. д. Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной

и переносной. Для внутрицеховых сетей применяют как открытые, так и скрытые способы прокладки проводов и кабелей. В настоящее время преобладает открытая беструбная проводка для силовых и осветительных сетей напряжением до 1 кВ. Скрытую прокладку проводов и кабелей в стальных трубах используют реже, при прокладке в бетонных фундаментах, во взрывоопасных установках и в помещениях с химически агрессивной средой.

Открытая беструбная электропроводка для силовых и осветительных сетей выполняется проводами с резиновой и пластмассовой изоляцией и небронированными кабелями небольших сечений (до 16 мм²) по строительным основаниям, фермам и конструкциям, на тросах, в лотках, коробах. Беструбные электросети имеют ряд достоинств: нетрудоемки, экономичны, надежны, удобны в эксплуатации. Наличие большой номенклатуры монтажных изделий и деталей позволяет изготавливать и комплектовать на стендах и технологических линиях в мастерских крупноразмерные комплекты проводок и целые линии из заранее заготовленных элементов сети.

Монтаж электропроводок небронированными кабелями и трубчатými проводами. Защищенные небронированные кабели сечением до 16 мм² применяют для электропроводок непосредственно по основаниям в цехах промышленных предприятий, в сырых помещениях и в помещениях с химически активной средой. Защищенные трубчатые провода, имеющие оболочку из луженой стальной или алюминиевой ленты, пригодны только для прокладки в помещениях с нормальной средой, но имеют повышенную устойчивость к механическим повреждениям. Для непосредственной прокладки по строительным основаниям применяют кабели АВРГ, АНРГ, АВВГ, АПВГ, защищенные провода АПРФ, ПРФ и ПРФЛ.

Производят разметку трассы электропроводки, проходов через стены и перекрытия, мест установки крепежных и опорных деталей. При горизонтальной прокладке одиночных проводов или кабелей используют скобки с одной лапкой. Места их крепления должны быть расположены ниже провода или кабеля. Для прокладки пучков проводов или кабелей, а также на углах и концах (у вводов) разметку производят с учетом установки скобок с двумя лапками. Скобки устанавливают перпендикулярно осевой линии провода или пучка проводов.

Пересечения защищенных кабелей и проводов между собой и с другими проводниками выполняют в оштукатуренных открытых бороздах, изоляционных трубках, надеваемых на один из пересекающихся между собой проводов, а также в металлических коробах. Проходы через междуэтажные перекрытия выполняют в отрезках труб на высоте не менее 1,5 м от уровня пола, а из потолка нижераположенного этажа труба должна выступать только за края отверстия. В специальных электротехнических помещениях такая защита необязательна.

Крепление электропроводок по строительным основаниям проводится различными способами (рис. 5.2):

- металлическими скобами непосредственно к основанию;
- металлическими полосками с пряжками непосредственно к основанию или пластинками из листовой стали, к которым приварены полосы;
- бандажными металлическими полосками или поливинилхлоридными лентами с кнопками к закрепленным к основанию полосам, лентам и струнам;
- бандажными полосками к специальным держателям, приклеенным к основанию;
- пластмассовыми скобами.

Новым изделием для крепежных работ является полиэтиленовый закреп, который устанавливают на основаниях с помощью распорных дюбелей или дюбелей-гвоздей, забиваемых оправкой. Широко применяется крепление на стальных полосах, прикрепленных вплотную к основанию (рис. 5.3). В качестве несущей полосы используют монтажные перфорированные полосы и ленты шириной 16 мм и толщиной 0,8 мм, отрезки полос из отходов стального листа или ленту шириной 20...30 мм и толщиной 0,8...1,5 мм. Ленты и полосы прокладывают по трассе сплошными или с разрывами и прикрепляют к основанию дюбель-гвоздями с помощью строительного пистолета, пиротехнической или ручной оправки, а также винтами на распорных дюбелях.

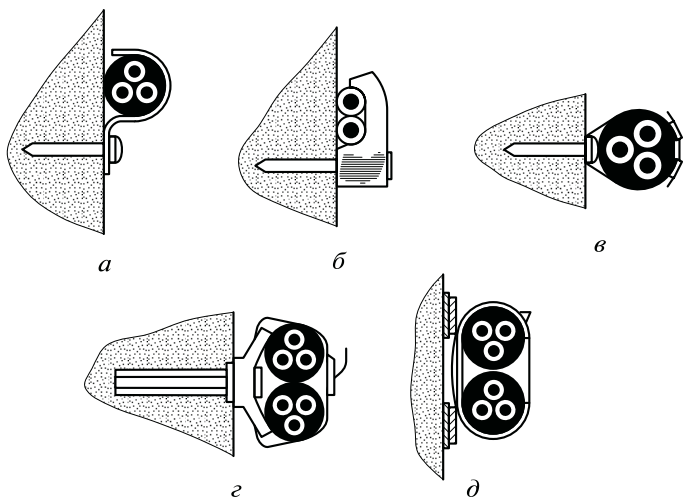


Рис. 5.2. Способы крепления кабелей и проводов:

а — металлической скобкой; *б* — пластмассовой скобкой; *в* — металлической полоской с пряжкой; *г* — зубчатой полоской с пряжкой; *д* — перфорированной лентой с кнопкой (к держателю, приклеенному к основанию)

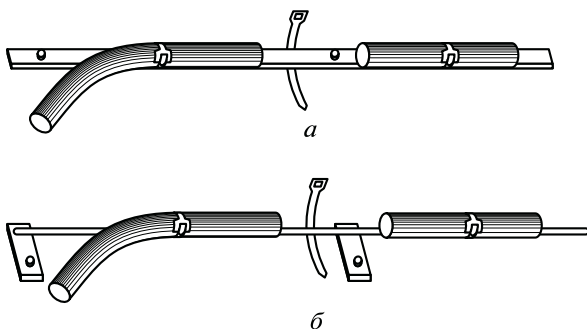


Рис. 5.3. Крепление кабелей:
а — к стальной полосе; *б* — к стальной проволоке

Крепление на несущей проволоке. К стальной проволоке диаметром 6...8 мм приваривают пластинки размерами 20×100 мм, с помощью которых несущая проволока прикрепляется к основанию дубелями-гвоздями или шурупами на распорных дубелях. Кабели и провода закрепляют по образованной полосками или проволокой трассе с помощью бандажных лент и полосок с пряжками (см. рис. 5.3).

Крепление с помощью приклеивания. Выполняют на специальных держателях — винипластовых или стальных дисках диаметром 25...50 мм с двумя щелями для пропускания металлической или перфорированной поливинилхлоридной ленты, которой закрепляют провода или кабели. Под металлические полоски и скобы при креплении кабели СРГ (АСРГ) подкладывают эластичные прокладки, которые должны выступать из-под скобок или полосок не менее чем на 1,5 мм с каждой стороны. Крепление кабелей с пластмассовой оболочкой выполняется без прокладок.

Прокладку небронированных кабелей по перекрытиям с ребристыми плитами выполняют на натянутой струне с креплением монтажными полосками или перфорированными пластмассовыми лентами с кнопками. Прокладка защищенных проводов АПРФ (ПРФ) отличается некоторыми особенностями из-за жесткости внешней металлической оболочки. Провода надо прокладывать так, чтобы шов был обращен в сторону опорной поверхности, а при горизонтальной прокладке по стене — вниз во избежание затекания влаги. Остальные монтажные операции выполняются так же, как и при прокладке небронированных кабелей.

Металлические оболочки защищенных проводов и свинцовую оболочку кабелей ПСРГ заземляют многопроволочным медным луженым проводом сечением 1,5...2,5 мм² или стальными хомутиками. Заземление металлических оболочек выполняют у групповых, питающих и распределительных щитков (пунктов). Заземляющий проводник и стальные хомутики должны быть припаяны к зазем-

ляемым оболочкам и плотно прилегать к ним. Заземляющий проводник присоединяют к металлическому корпусу щитка с помощью винта с зачисткой до блеска места присоединения или пайкой. Заземляющий проводник, присоединяемый винтом, оконцовывают кольцевым наконечником.

Заземление оболочек пакета или нескольких защищенных кабелей и проводов выполняют одним заземляющим проводником, пересекающим пакет под прямым углом и спаянным с каждой оболочкой. Использовать в качестве заземляющих проводников металлические оболочки трубчатых проводов АПРФ и кабелей АСРГ в групповой распределительной электрической сети запрещается.

Электропроводки на тросах. Тросовые электропроводки выполняют тросовым проводом на несущем стальном тросе, защищенными проводами или незащищенными изолированными проводами, подвешенными к несущему стальному тросу. Проводки на несущем тросе широко применяются для монтажа электрических сетей в производственных, подсобных и других помещениях с самой разнообразной средой. Этот род проводки может быть приспособлен к любым условиям среды путем выбора соответствующей марки провода и кабеля. Поэтому для тросовых проводок применяют установочные провода АПР, АПВ, ПР, ПВ, небронированные защищенные кабели АВРГ, АНРГ, ВРГ, НРГ, АВВГ, ВВГ, но, в первую очередь, тросовые проводки должны выполняться специальными тросовыми проводами АРТ, АВТ, АВТС, которые имеют между тремя или четырьмя свитыми жилами собственный несущий оцинкованный трос.

Тросовые электропроводки различают по способу их подвески:

- на собственном несущем тросе;
- с непосредственным креплением проводов и кабелей к тросу;
- с креплением проводов на тросовых подвесках;
- на рейках, коробах, лотках, трубах и на других конструкциях, подвешиваемых к тросу;
- на подвесных и опорных конструкциях с изоляторами.

Преимущества тросовых электропроводок:

- простое и надежное крепление к железобетонным основаниям при ограниченном количестве закладных частей на единицу длины;
- возможность подвески линии на любой отметке;
- простота монтажа и переноса линии;
- возможность многократного использования проводов и всех монтажных деталей;
- наиболее дешевый вид проводки.

Работы могут выполняться вне зависимости от состояния строительной части объекта (мастерская выполняет до 90 % объема работ). Недостатками тросовых проводок являются меньшая механическая прочность и сложность ее устройства в крановых пролетах цехов при ограниченности свободного пространства между нижним поясом ферм и мостовыми кранами.

Линия тросовой электропроводки состоит из несущего троса, анкерных, натяжных и поддерживающих устройств, проводов или кабелей с деталями крепления к тросу, ответвительных коробок с деталями крепления к тросу. В качестве несущего троса применяют стальной трос диаметром от 3 до 6,5 мм или стальную горячекатанную проволоку, оцинкованную или окрашенную, диаметром от 5 до 8 мм. Анкерные и натяжные устройства служат для концевого крепления несущего троса, регулировки натяжения и стрелы провеса.

Анкерные крепления тросов выполняют с помощью тросовых анкеров (рис. 5.4). К строительным элементам здания анкера могут быть прикреплены на распорных дюбелях, сквозным креплением, в обхват балки, фермы и т.д. Натяжение троса обеспечивается специальными натяжными муфтами. Поддерживающие устройства представляют собой струнные подвески и вертикальные, продольные и поперечные оттяжки, прикрепляемые к нижним поясам ферм, колоннам, перекрытиям. Промежуточные крепления устраивают при больших пролетах и значительной массе монтируемой проводки, через каждые 18...24 м, чем уменьшают стрелу провеса и придают всей линии большую устойчивость и механическую прочность.

Для подвесок и растяжек применяют оцинкованную или окрашенную проволоку диаметром от 2 до 5 мм. Промежуточные крепления троса могут быть выполнены непосредственно к балкам, фермам, колоннам и перекрытиям с помощью отдельных деталей: шпилек, серег, дюбелей, закрепляемых в щелях между уголками ферм и плит перекрытия или с помощью обхватных конструкций. Вертикальные струны целесообразно закреплять в местах установки ответвительных коробок, штупсельных разъемов и светильников.

Незащищенные изолированные провода крепят к тросу с помощью подвесок с пластмассовыми клипами. Ответвление от проводов выполняют с помощью зажимов с пластмассовым кожухом. Подвески

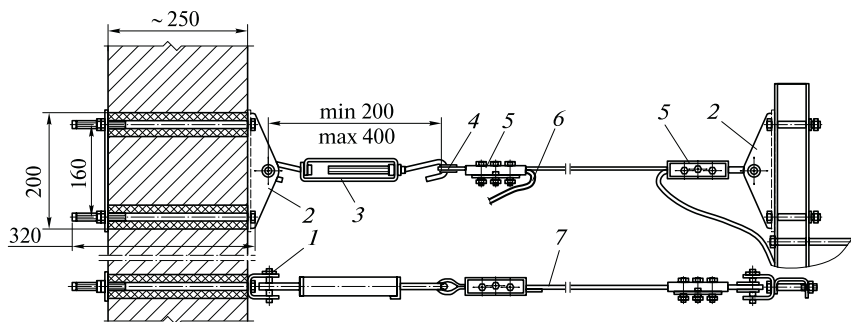


Рис. 5.4. Анкерное крепление троса:

1 — шпилька; 2 — тросовый анкер; 3 — натяжная муфта; 4 — коуш; 5 — тросовый зажим; 6 — конец троса для подсоединения к магистрали заземления; 7 — трос (канат)

устанавливают на расстоянии 1,5 м по длине троса. В сухих и влажных помещениях допускается крепление незащищенных изолированных проводов непосредственно к тросу с помощью поливинилхлоридной перфорированной ленты с кнопками или пряжками, установленными на расстоянии не более 0,5 м.

Защищенные провода и кабели прикрепляют к тросу с помощью полосок-пряжек из стали или пластика, а также с применением пластмассовых клиц и металлических подвесок (рис. 5.5). Стрелу провеса проводки принимают для пролета 6 м — 100... 150 мм, для пролета 12 м — 200... 250 мм. Несущие тросы тросовых проводок нужно заземлять в двух точках на концах линий; на линиях с нулевым проводом заземление осуществляют присоединением несущего троса к этому проводу гибкой медной перемычкой сечением $2,5 \text{ мм}^2$, а на линиях с изолированной нейтралью — присоединением троса к шине, соединенной с контуром заземления. Не допускается использовать несущий трос в качестве заземляющего проводника.

Для прокладки внутри помещений в сетях на напряжение 660 В промышленных установок применяют установочные тросовые провода марки АРТ, имеющие алюминиевые жилы, резиновую изоляцию, несущий трос. Сечения проводов от $2,5$ до 35 мм^2 , двух-, трех-, четырех-жильные. Кроме проводов АРТ выпускаются провода для наружных прокладок (ввод в здания) АВТ с алюминиевыми жилами, утолщенной поливинилхлоридной изоляцией и несущим тросом, тросовые провода для сельского хозяйства АВТС — с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией и несущим тросом. Провода АВТ и АВТС предназначены для сетей напряжением 380 В и имеют в обозначении своих марок цифры 1 и 2 (АВТ-1, АВТ-2, АВТС-1 и АВТС-2), вторые отличаются от первых усиленным несущим тросом.

При соединении и ответвлении тросовых проводов применяют специальные ответвительные коробки. Ответвление производится в ответвительных сжимах пластмассовых корпусов без разрезания фазных проводов. Внутри коробки находится скоба с планкой для закрепления ее на тросе, концы скобы, выступающие из коробки, имеют отверстия для закрепления коробок на вертикальной подвеске и для подвески светильника.

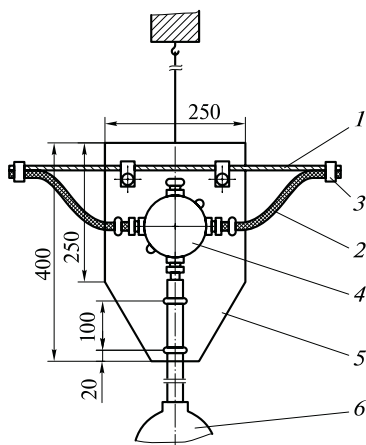


Рис. 5.5. Тросовая проводка кабелем или защищенным проводом:

1 — трос; 2 — кабель или защищенный провод; 3 — полоска-пряжка; 4 — ответвительная коробка с сальниковыми вводами; 5 — основание для крепления троса, коробки и светильника; 6 — светильник

Зануление троса выполняют гибкой медной перемычкой, соединяемой внутри коробки с нулевым проводом и тросом снаружи коробки с помощью ответвительных сжимов. На нулевом проводе внутри коробки установлен ответвительный сжим, через который выполняется зануление коробки. Под винт коробки заводится петлей провод зануления светильника и фиксируется под винтом шайбой.

Электропроводки на лотках и коробах. В современных промышленных предприятиях прокладывают огромное количество проводов и кабелей для питания электрооборудования, для систем управления, контроля, измерений и сигнализации. Для этих случаев целесообразно применять электропроводки на лотках и коробах. Лотки предназначены для открытой прокладки проводов и кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией с негорючими или не поддерживающими горение оболочками. Эта система канализации электроэнергии обладает большой гибкостью, существенно облегчает монтаж и эксплуатацию. Проводка в лотках обеспечивает хорошие условия охлаждения проводов и кабелей, а многорядная укладка проводов и возможность размещения в одном лотке силовых и контрольных кабелей дает большую экономию и снижает стоимость работ по сравнению с другими системами распределения электроэнергии. Создается также свободный доступ к проводам и кабелям на всем их протяжении, что имеет существенное значение для эксплуатации проводок. В случае необходимости провода или кабели могут быть легко вынуты и заменены другими, при этом можно изменить их число, сечение, марку, а также трассу. Лотки снижают расход дефицитных стальных труб. При использовании лотков легче выполнить проводки на сложных трассах и возможно устроить ответвления на любом участке трассы лотковой линии. Уменьшается стоимость монтажа. Лотки устанавливают:

- в сухих, сырых и жарких помещениях, в помещениях с химически активной средой и в пожароопасных помещениях для прокладки проводов и кабелей, допускаемых для этих помещений;
- в кабельных полукэтажах и подвалах электромашинных помещений;
- в проходах за щитами и панелями станций управления и переходах между ними;
- в технических этажах зданий и сооружений;
- в машинных залах и их подвалах;
- в насосных и компрессорных;
- для внутрицеховых проводок над станками.

Лотки выполняют из стальных профилей и полос. Применяют два типа лотков: сварные и из перфорированных полос. *Сварной лоток* состоит из двух продольных стальных профилей, к которым через каждые 250 мм приварены перфорированные стальные полосы (поперечины). Длина лотка 2 м, ширина 400 и 200 мм. *Перфорированный лоток* представляет собой перфорированную стальную

полосу с загнутыми под прямым углом краями (бортиками) высотой 16... 20 мм. Такая конструкция придает лотку жесткость и в то же время позволяет слегка изгибать лоток при монтаже. Длина лотка 2 м, ширина 50 и 105 мм.

Для разделения потоков проводов разных цепей, совместная прокладка которых не допустима, выпускают разделительные уголки, которые устанавливают на лотке между соответствующими потоками проводов по всей трассе. Лотки обоих типов снабжены соединительными угольниками и болтами для соединения лотков в магистраль.

Открытые электропроводки выполняют также в стальных коробах, предназначенных для прокладки в них проводов и кабелей и защиты их от механических повреждений. Короба представляют собой прямоугольные листогнутые профили со съёмными крышками, закрепленными винтами. В стальных коробах допускается прокладывать провода одной или нескольких силовых или осветительных электросетей одного или нескольких связанных общим технологическим процессом агрегатов, кроме резервируемых цепей. Короба снабжены легко снимаемой перегородкой, разделяющей короб на два канала для размещения проводов и кабелей различных цепей, совместная прокладка которых не допускается. Съёмная крышка короба позволяет в процессе эксплуатации легко заменять и прокладывать дополнительно новые провода и кабели. Короба комплектуют из отдельных секций в магистрали необходимой длины и конфигурации. Выпускаются секции различного профиля: прямые и тройниковые, крестовины, угловые для поворота трассы в горизонтальной плоскости, по вертикали вверх и вниз (рис. 5.6), а также необходимые вспомогательные элементы.

Отдельные лотки и лотковые магистрали можно располагать горизонтально, вертикально и наклонно. В горизонтальной плоскости их можно располагать в несколько ярусов. Можно располагать лотки по несколько штук в ряд для образования широкой несущей поверхности. Опорными конструкциями при установке лотков служат кронштейны, изготавливаемые в мастерских монтажных организаций из перфорированных полос и профилей. Для крепления лотков заводы выпускают специальные кронштейны, которые вместе с кабельными стойками или подвесами (рис. 5.7, 5.8) образуют конструкции для крепления лотков к строительным элементам зданий и сооружений. В пролетах цехов лотки крепят на несущих тросах и тросовых подвесках с помощью тросовых растяжек.

Для облегчения монтажа лотков при обходах и пересечениях используют выносные опорные конструкции, которые обеспечивают прямолинейное расположение лотков. Обход выступов и других препятствий при горизонтальной установке лотков выполняют путем разрыва лотков на ширину препятствия и дополнительной в месте разрыва вставки с креплением к боковинам лотков. Обход внутрен-

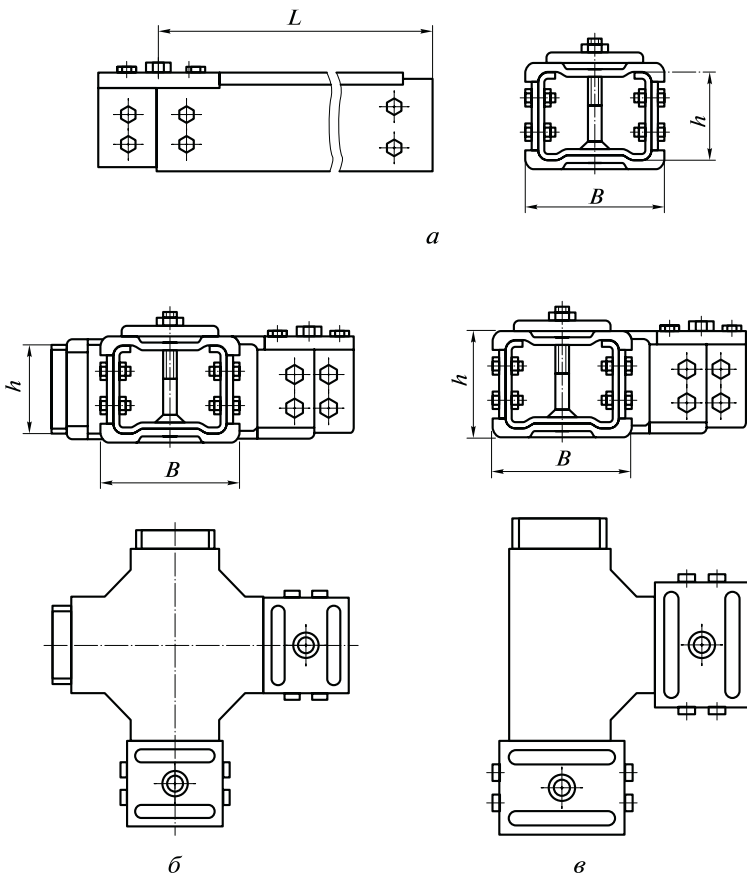


Рис. 5.6. Короба серии У:

a — прямые длиной 2000 и 3000 мм, сечением 150×100, 200×100 и 100×250 мм; *б* — крестообразные; *в* — угловые

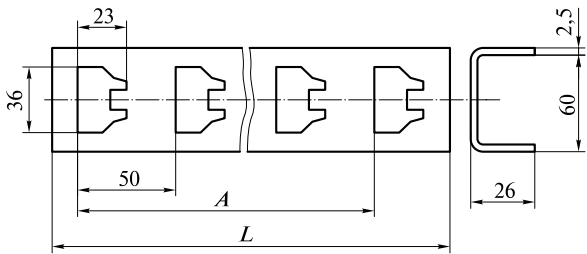


Рис. 5.7. Стойки для установки кабельных полок:

A — от 350 до 1950 мм; *L* — от 220 до 400 см

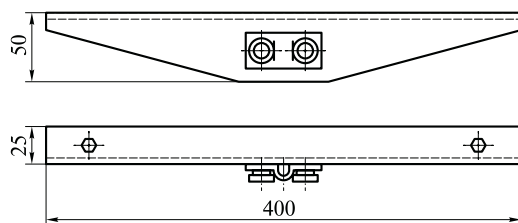


Рис. 5.8. Подвеска НЛ-ПВ для крепления прямых секций к потолочным точкам

них углов при горизонтальной прокладке сварных лотков, а также при переходе с одной отметки на другую при установке лотков плашмя на стене выполняют с помощью угловых вставок. Ответвления от горизонтально проложенных сварных лотков осуществляют тройниковой или крестовой вставкой. Обход внутренних углов и повороты при горизонтальной и вертикальной прокладке перфорированных лотков производится с помощью угловых надрезков ребра жесткости лотка в месте поворота или ответвления.

Действующими правилами нормированы размеры для установки лотков, обязательные при разметке трассы лотковых магистралей. Конструкции закрепляют на такой высоте, чтобы расстояние от лотков до уровня пола или площадки обслуживания было не менее 2 м при установке на стенах и 2,5 м при установке под перекрытиями. В электротехнических помещениях, а также в других помещениях, которые обслуживает специально обученный персонал, высота расположения лотков не нормируется.

При пересечении лотков с трубопроводами нужно соблюдать расстояния от трубопровода до ближайшего провода или кабеля не менее 50 мм, а при параллельной прокладке — не менее 100 мм. Если трубопроводы с горючими жидкостями или газами, то эти расстояния увеличиваются:

- при пересечении — не менее 100 мм;
- при параллельной прокладке — не менее 250 мм.

Расстояния между точками крепления лотков не нормированы, обычно составляют 1,6... 2 м. Конструкции и кронштейны для установки лотков прикрепляют к строительным основаниям дюбелями, забиваемыми строительным монтажным пистолетом, или распорными дюбелями, или приваркой к закладным деталям. Сварные лотки крепят к кабельным полкам или монтажным профилям специальными прижимами. Если лотки предназначены для установки на кабельных полках, их предварительно соединяют по несколько штук в секцию, поднимают на опорные конструкции и закрепляют. Лотки имеют длину 2 м, а стандартный шаг строительных конструкций — 6 м, поэтому при монтаже лотков под перекрытием помещений требуется увеличивать жесткость лотков при помощи оттяжек или прокладки

опор из угловой стали от балки до балки. Но более целесообразно производить прокладку лотков под перекрытием помещений на тросах или канате.

Короба прокладывают по стенам, колоннам, перекрытиям, фермам с использованием в качестве опорных и крепежных деталей сборных кабельных конструкций, кронштейнов, охватов и подвесов, а также тросовых растяжек в пролетах цехов. Короба удобны для прокладки по конструкциям конвейерных, автоматических и подобных им технологических линий станков, мостовых кранов и других агрегатов для питания электроэнергией и управления электроприводами. Короба можно разместить в один или несколько рядов в любом пространственном положении и на любой высоте. Во избежание скопления влаги в коробах их прокладывают с небольшим уклоном в сторону спусков к электроприемникам, ящикам и т.д. Расстояния между точками крепления коробов и между опорными конструкциями не должны превышать 3 м, т.е. не превышать длину одной прямой секции. Короба поступают на монтажную площадку предварительно собранными в мастерских в виде магистрали длиной до 12 м или отдельными секциями. Одновременно с установкой собранных секций выполняют ответвления, повороты, подъемы, обходы препятствий. После установки лотков или коробов по трассе производят прокладку проводов, заготовленных в мастерских или непосредственно на объекте.

Провода и кабели, проложенные в лотках, жестко закрепляют по всей трассе не более чем через 1 м при вертикальной установке лотков и не более чем через 0,5 м до и после поворота или ответвления — при горизонтальной. Крепление производится также не более чем через 1 м при расположении лотков горизонтально плашмя.

Для крепления проводов и кабелей в лотках выпускают специальные крепежные детали (рис. 5.9). Соединения и ответвления проводов и кабелей в лотках производят в коробках и ящиках или в специальных сжимах с изолированной оболочкой, которые жестко закрепляют. Последней операцией при прокладке является марки-

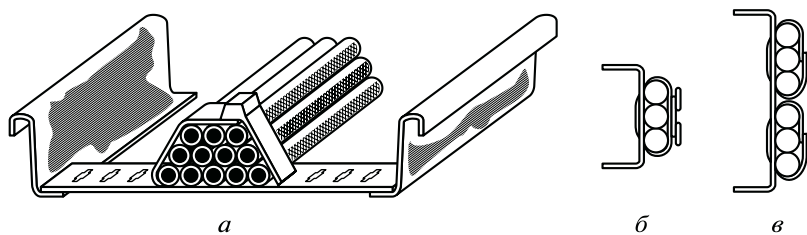


Рис. 5.9. Способы крепления проводов в лотках:

а — зубчатой полоской; *б* — металлической полоской с пряжкой; *в* — перфорированной лентой с кнопкой

ровка проводов и кабелей на концах и в местах ответвлений, после чего короба закрывают крышками на болтах.

Заземление лотков и коробов осуществляют путем соединения между собой отдельных секций в лотковую магистраль, представляющую собой непрерывную электрическую цепь. Секции лотков и коробов, соединенные между собой, дополнительно приваривают (прихватывают) к соединительным деталям (пластинам, угольникам, скобам) или друг к другу не менее чем в двух местах с каждой стороны. Магистрали из лотков или коробов присоединяют к контуру защитного заземления в концах линии не менее чем в двух удаленных друг от друга местах стальной полосой сечением не менее 40×2 мм. Каждое ответвление дополнительно заземляют в конце.

При многоярусной параллельной прокладке нескольких лотковых магистралей заземление выполняют одной стальной полосой, приваренной к каждой магистрали и к контуру заземления. Сварные лотки и короба можно использовать в качестве заземляющих проводников.

5.4. Электропроводки в трубах

Трубы применяются для защиты проводов от механических повреждений, а также для защиты изоляции проводов и самих проводов от разрушения средой помещения. Электропроводки в стальных трубах за последние годы заметно сократились, особенно для осветительных сетей. Такую проводку применяют в тех случаях, когда по условиям среды не допустим другой вид проводки, например на химических предприятиях со взрывоопасной или химически активной средой и т. п.

Стальные трубы, используемые в качестве защитных оболочек при электропроводах, заменяют во всех возможных случаях на тонкостенные электросварные трубы, что экономит 600...900 кг металла на 1 км линии. Для электропроводок в качестве защитных оболочек служат также легкие водогазопроводные (газовые) трубы с толщиной стенок на 15...20 % меньше, чем у обыкновенных газовых труб. Эти трубы применяют для прокладки открыто в сухих нормальных помещениях, скрыто и открыто с уплотнением мест соединения труб и мест ввода их в коробки — в стенах, перекрытиях, полах и фундаментах, а также во всех случаях во влажных, жарких, пыльных и пожароопасных помещениях.

Для трубной канализации применяют пластмассовые и полимерные трубы (полиэтиленовые, винилпластовые, полипропиленовые), обладающие коррозионной и химической стойкостью, влагостойкостью, хорошими электроизолирующими свойствами, достаточной механической прочностью, гладкой поверхностью. Недостатком полиэтиленовых труб является их горючесть. Полиэтиленовые трубы используют для скрытых сменяемых электропроводок в нестараемых

конструкциях (элементы сборного железобетона, фундаменты, бетонные полы и подливки полов и др.). Винипластовые трубы можно применять как для скрытых, так и для открытых электропроводок в качестве защитной оболочки от механических повреждений, по негорячим и трудногорячим поверхностям и конструкциям. Запрещается использовать трубы из винипласта и полиэтилена во взрыво- и пожароопасных помещениях. Полипропиленовые трубы обладают большей термостойкостью и механической прочностью по сравнению с полиэтиленовыми, но при отрицательных температурах отличаются повышенной хрупкостью.

Трубы из полиэтилена и винипласта применяют с диаметром условного прохода от 15 до 50 мм. В зависимости от толщины стенок полиэтиленовые трубы подразделяются:

- на легкие — толщина стенок от 1,6 до 3 мм;
- средние — от 2,3 до 6,8;
- тяжелые — от 3,5 до 10,5 мм.

Кроме того, полиэтиленовые трубы выпускаются низкой и высокой плотности. Последние имеют меньшую толщину стенок. Трубы поставляют в бухтах до 25 м. Винипластовые трубы выпускают шести диаметров с толщиной стенок от 1,6 до 2,2 мм, длиной 5...8 м. Трубы из полимеров по сравнению со стальными имеют небольшую массу, сниженные трудовые затраты на обработку, удобство в монтаже, небольшую стоимость.

При современных промышленных методах монтажа обработку стальных труб выполняют в монтажных мастерских на поточных технологических линиях. На этих же линиях производят заготовку элементов трубных разводов и сборку их в трубные пакеты, блоки, чтобы максимально сократить продолжительность работ по сборке трубных трасс на монтаже. Разработаны и эксплуатируются разные варианты технологических линий, в которых соблюден принцип поточности и механизации основных трудоемких операций. Линии оснащают комплектом трубообрабатывающих и других станков и приспособлений, расположенных в определенной технологической последовательности для выполнения операций по правке труб, очистке от окалины и коррозии, окраске и сушке, резке на мерные заготовки и раззенковке концов, нарезанию и накатыванию резьбы, изгибанию, сборке в пакеты и узлы и маркировке.

Применяют три способа промышленной заготовки элементов трубных трасс:

1) *по трубозаготовительным ведомостям* (пример заполнения дан в табл. 5.1) и эскизам проекта заготавливают в мастерских прямые отрезки труб и стандартные колена. При заготовке труб применяют нормализованные углы поворота 90, 105, 120, 135 и 150° и радиусы изгиба нормально принимают 800, 400 и 200 мм. Более точная подгонка длины заготовок осуществляется вставкой отрезков труб по замерам. Этот способ требует лишних соединений, повышенного рас-

Таблица 5.1

Маркировка	Труба		Трасса		Участки трубной трассы (трубы)
	Обозначение по ГОСТ или ТУ	Длина, м	Начало	Конец	
152	Ц50	5,5	2ЭМП	Двигатель 152	1,4—90—2,25—120—1,85

хода соединительных муфт, увеличивает объем работ по обработке труб, но исключает кропотливую работу по замеру трасс;

2) по методу монтажа трубных электропроводок из типовых деталей целесообразно применять на протяженных трассах путем сборки трубопроводов из прямых труб полной строительной длины и отдельных элементов угловых трубных заготовок с нормализованными углами поворота и радиусами изгиба, выполненными также из целых труб. Преимуществом этого метода является возможность изготавливать трубные элементы заблаговременно в мастерских независимо от строительной готовности сооружения по эскизам на основе замеров на месте монтажа. Замеры и составление эскизов производят специально обученные рабочие-замерщики трубных трасс. Эскизы трубных трасс выполняют на замерных бланках с изображением труб схематически одной линией (рис. 5.10, 5.11). При выполнении эскизов

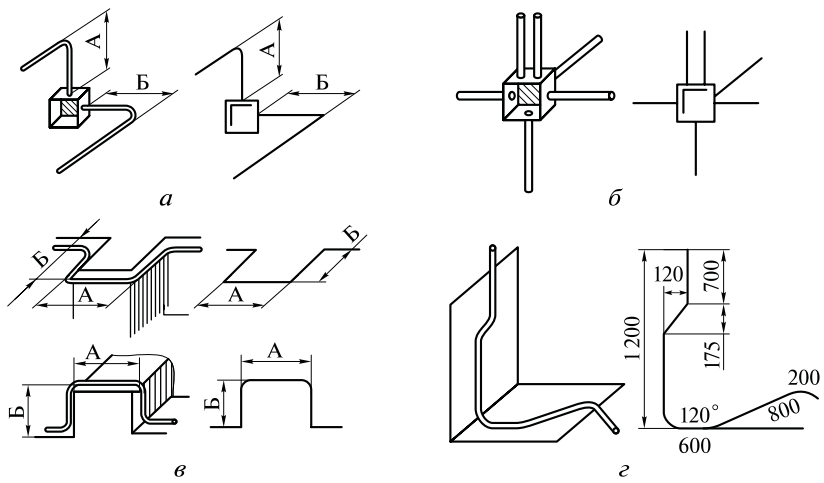


Рис. 5.10. Примеры условных обозначений для составления замерочных эскизов трубных трасс:

a — выход труб от коробки с изгибом вперед; *b* — выход труб из всех стенок коробки; *c* — обход выступов в горизонтальной и вертикальной плоскостях; *d* — участок трубопровода с «уткой» и изгибами под разными углами; А и В — измеряемые участки трассы

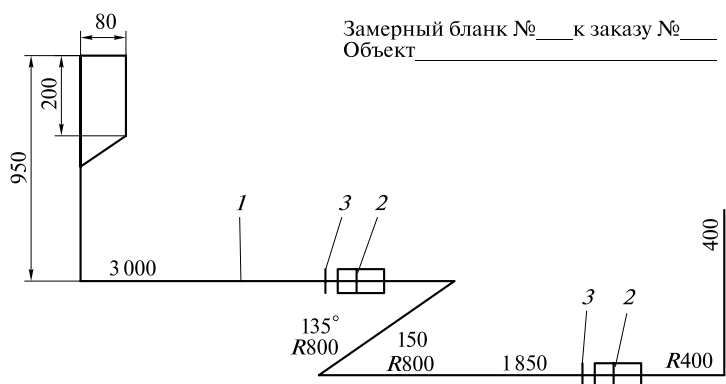


Рис. 5.11. Пример заполнения замерного бланка

соблюдают следующие правила: участки труб, прокладываемых в натуре в горизонтальной плоскости, на эскизе показывают горизонтальными линиями параллельно тексту бланка. Изгибы в горизонтальной плоскости наносят под острыми углами к горизонтальным линиям. Внутри угла указывают значение угла изгиба в градусах и радиус изгиба в миллиметрах. Длины участков, измеренные в натуре, записывают вдоль линий на эскизе. Участки трубной электропроводки в вертикальной плоскости изображают на эскизе линиями, перпендикулярными строками текста бланка. Изгибы труб в вертикальной плоскости наносят линиями, наклонными к строкам текста под тупым углом. Переходы из горизонтальной плоскости в вертикальную наносят на эскизе в виде прямого угла;

3) *по макетам* — этот способ применяется там, где имеются сложные узлы трубных электропроводок с большим числом труб, размещаемых в разных плоскостях на небольшой площади. При этом способе на специальной площадке воспроизводят в натуральную величину макет монтируемой электроустановки, наносят оси строительных конструкций и размещения технологического оборудования, фиксируют места вывода труб к оборудованию и электроустройствам. После этого производят заготовку, укладку и маркировку элементов труб на макете. Заготовленные на макете трубы разбирают на узлы и отдельные элементы, перевозят и вновь собирают уже на месте монтажа. Для осветительных установок этот метод не используется.

Перед прокладкой труб на месте монтажа производится разметка трубных трасс. Правилами установлены нормативные расстояния между точками крепления труб, радиусы изгиба труб, другие размеры, которые необходимо соблюдать при разметке трубных трасс. Крепление стальных труб диаметром 15... 20 мм производят через 2,5 м, 25... 32 мм — через 3 м, 40... 80 мм — через 3,5... 4 м и 100 мм — че-

рез 6 м, а крепление труб на изгибах — через 150...200 мм от угла поворота.

Расстояние от труб отопления и горячего водоснабжения при параллельной прокладке должно быть не менее 100 мм, а при пересечении — 50 мм в свету. Трубы при скрытой прокладке в полу необходимо заглублять не менее чем на 20 мм и защищать слоем цементного раствора. Расстояние между протяжными коробками не должно превышать:

- на прямых участках — 75 м;
- при одном изгибе — 50 м;
- при двух изгибах трубы — 40 м;
- при трех изгибах — 20 м.

При изгибании труб следует применять нормализованные углы поворота и нормализованные радиусы изгиба, как указывалось ранее. Наименьший радиус изгиба труб диаметром 50 мм при открытой прокладке — четырехкратный наружный диаметр трубы, при больших диаметрах — шестикратный; при прокладке труб в бетонных массивах — десятикратный и, как исключение, шестикратный; при прокладке в трубах (открытой и скрытой) кабелей с голой свинцовой, алюминиевой и поливинилхлоридной оболочкой — 10-кратный, но допускается и шестикратный при скрытой прокладке в условиях, когда вскрытие трубопровода не представляет особых затруднений.

Расстояние между точками крепления полимерных труб должно быть: при диаметре 15 мм — 1 м; 20 мм — 1,4 м; 25 мм — 1,8 м; 32 мм — 2,2 м; 40 и 50 мм — 3 м; а между осями параллельно прокладываемых труб — 65 мм при диаметре трубы до 25 мм; 105 мм — при 50 мм; 140 мм — при 70 мм; 150 мм — при 80 мм.

При разметке трубных трасс необходимо соблюдать ряд требований:

- на прямых участках разметки все коробки должны находиться на одной линии, параллельной архитектурным линиям здания;
- в местах пересечения осадочных и температурных швов предусматривать специальные ящики с компенсаторами или гибкие компенсаторы;
- расположение трубных трасс, в частности при обходе препятствий, должно исключать образование водяных мешков, скопления влаги от конденсации паров;
- применять трубные трассы, имеющие более трех прямых углов, не допускается;
- избегать пересечений и сближений с горячими поверхностями и трубами теплотрасс, сокращать число обходов препятствий и мест пересечения труб с другими коммуникациями.

Технология монтажа электропроводок в трубах одинакова как при их открытой, так и при скрытой прокладке. Открытая прокладка труб требует более тщательной обработки, поэтому при заготовке труб открытой проводки применяют меньшие радиусы изгиба.

Опорные конструкции монтируют в одной плоскости по линии разметки. Отдельные типы опорных и крепежных конструкций, крепежных деталей и изделий для трубных проводов приведены на рис. 5.12. Следует закреплять конструкции на расстоянии 50...100 мм от строительной поверхности, чем обеспечивается прокладка труб по неровным стенам и потолкам, а также ввод труб в ящики и в коробки. К опорным конструкциям трубы прикрепляют скобами с лапками, хомутами, накладками и другими деталями заводского изготовления. Способ крепления труб к металлическим основаниям и опорным конструкциям электросваркой запрещен. При прокладке трубных блоков опорные конструкции не устанавливаются, так как конструкции, связывающие трубы в блоки, служат одновременно опорными конструкциями.

Скрыто проложенные стальные трубы в бороздах закрепляют примораживанием алебастровым раствором через каждые 0,8 м, с последующей заделкой штукатурным раствором. При прокладке труб в полах, в каналах или фундаментах прикрепление их производят к стальной арматуре или специальным опорным конструкциям во избежание смещения труб при их бетонировании. Заделку скрытых трубных прокладок выполняют после тщательной проверки правильности и качества укладки и соединения труб. Проложенные скрыто стальные и другие трубы необходимо проверить по трубному журналу и чертежам и оформить актом на скрытые работы.

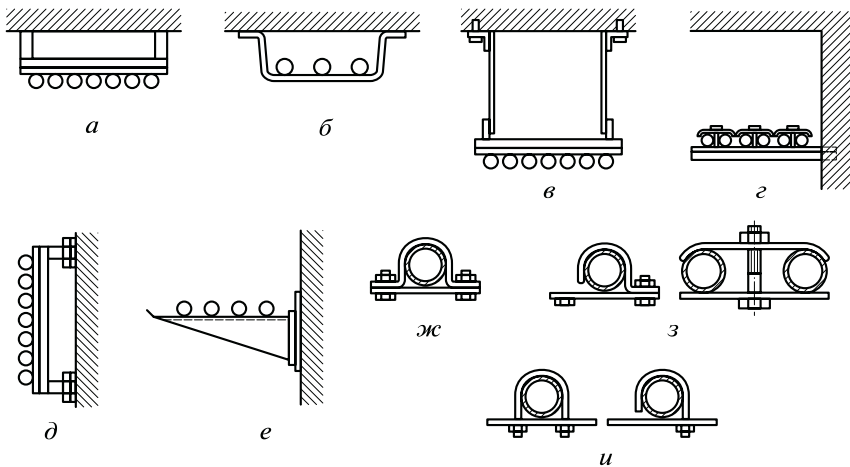


Рис. 5.12. Опорные и крепежные конструкции и детали для трубных проводов:

а... в — потолочные опорные конструкции из уголка, перфорированной полосы и на подвесках; *г... е* — настенные опорные конструкции и кронштейны; *ж... и* — хомуты, полухомуты, двухлапковые и однолапковые скобы и накладки для крепления труб к опорным конструкциям

Трубы, прокладываемые открыто и скрыто с уплотнением мест соединений, соединяют стандартными муфтами на резьбе. Для уплотнения на резьбу труб наматывают пеньковое или льняное волокно, пропитанное суриком или белилами, тертыми на олифе. Резьбу на трубах выполняют трех видов: длинный сгон для размещения на ней муфты и контргайки, средний полусгон для размещения двух контргаек с запасом свободной резьбы и короткий — для размещения половины соединительной муфты. Поэтому при соединении труб необходимо соблюдать правильное сочетание резьб путем сгона соединительной муфты с длинной резьбой на короткую, а резьбу средней длины использовать для ввода концов труб в ящики или коробки. В отдельных случаях (во взрывоопасных установках, в местах, где трубы подвержены сотрясениям и вибрациям) дополнительно закрепляют соединительные муфты контргайками.

Открыто прокладываемые стальные трубы (без уплотнения мест соединения) можно соединять манжетами (муфты без резьбы), гильзами или муфтами с раструбами. При уплотненном трубопроводе ввод и соединение производят на резьбе завертыванием стальной трубы в патрубок с внутренней резьбой и уплотнением ввода пеньковым или льняным волокном, пропитанным суриком или белилами, тертыми на олифе. Стальную трубу с патрубками можно соединить с наружной резьбой сгоном соединительной муфты и контргайки с трубы на патрубок.

При неуплотненном трубопроводе возможны следующие соединения:

- ввод стальной трубы с резьбой на конце в продавленное в корпусе отверстие и соединение с корпусом при помощи заземляющих гаек с двух сторон или контргаек;
- соединение стальной трубы манжетами или гильзами с предварительно установленным в продавленное в корпусе отверстием патрубком.

Пластмассовые и стальные трубы изготавливают на технологических линиях в мастерских. Трубы в местах прохода через стены и перекрытия прокладывают в специальных гильзах: стальных, резиновых, пластмассовых (рис. 5.13). Соединение труб в этих гильзах не допу-

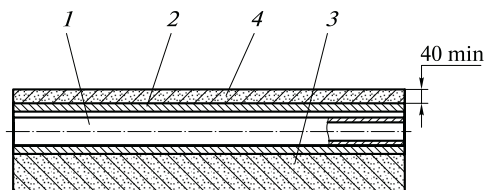


Рис. 5.13. Защита полиэтиленовой трубы гильзой из стальной трубы:

1 — труба полиэтиленовая; 2 — гильза из стальной трубы; 3 — плита перекрытия; 4 — пол

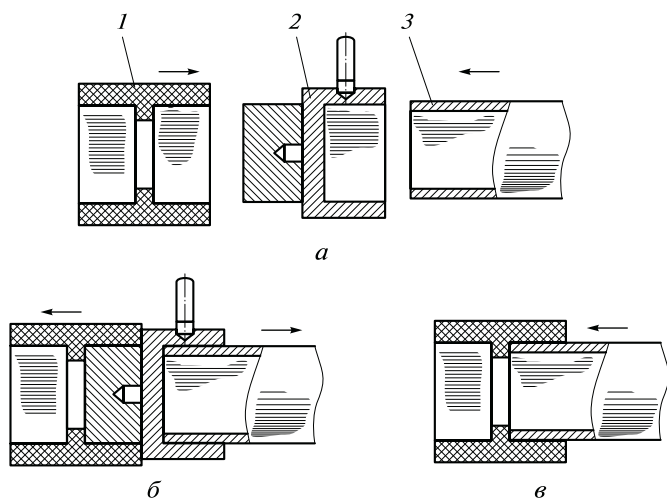


Рис. 5.14. Соединение сваркой полиэтиленовой муфты с трубой:

а — положение муфты и трубы перед нагревом; *б* — положение муфты и трубы при нагреве; *в* — сваренное соединение; 1 — муфта; 2 — нагревательный элемент; 3 — труба

скается. Внутренний диаметр гильзы должен на 5... 10 мм превышать наружный диаметр трубы, а края гильзы выступать на 10... 20 мм за пределы стен и других строительных конструкций.

Полиэтиленовые трубы прокладывают только скрыто, учитывая горючесть полиэтилена. Соединения выполняют сваркой в литых муфтах (рис. 5.14) или обсадкой в муфтах с раструбами. Сварное соединение обеспечивается нагревом электрическим током напряжением 36 В через сварочный или иной трансформатор. При соединении обсадкой муфту с раструбом нагревают пропанобутановой горелкой либо паяльной лампой. При нагревании полиэтиленовые трубы под действием тепла принимают свою первоначальную форму и раструбом плотно обжимают концы соединяемых труб. Аналогично соединяют пропиленовые трубы. Все пластмассовые трубы имеют гладкую внутреннюю поверхность, что позволяет легко затягивать и извлекать провода.

Тонкостенные стальные трубы отличаются малой толщиной стенок и наличием вдоль электросварочного шва внутри трубы наплывов металла — грата, что создает трудности обработки и присоединения труб.

Рациональным видом соединения этих труб является соединение на обычной трубной резьбе с помощью стандартных муфт, фитингов, коробок. Применяют способ накатывания резьбы, который позволяет сохранить необходимую толщину стенок труб в резьбовой части. Для накатки резьбы наружный диаметр тонкостенных труб выбирают

немного меньше диаметра водогазопроводных труб, так как при накатке металл вдавливается и наружный диаметр резьбы становится больше наружного диаметра трубы.

Наличие вдоль сварочного шва острых выступов представляет опасность повреждения изоляции проводов. Для удаления грата и его сплющивания применяют различные способы, например протягивание через трубу резцовой оправки. Малая толщина стенок труб создает трудности при изгибании и сварке соединений, на обычных трубогибочных станках в местах изгиба происходит смятие трубы. Сварка соединений труб требует высокой квалификации сварщика и применения качественных электродов малого диаметра из-за повышенной возможности прожога стенок труб. По этой причине приваривать стальные тонкостенные трубы к металлоконструкциям не разрешается.

Для протяжки проводов и кабелей в трубах и в местах соединений и разветвлений проводов и кабелей устанавливают протяжные и ответвительные коробки и ящики (рис. 5.15). Коробки пыленепроницаемые и взрывоопасные (фитинги) изготавливают из чугуна только для резьбового подсоединения одиночных труб. Эти изделия выпускаются в исполнениях проходном, тройниковом и крестообразном. Пылевонепроницаемые коробки имеют уплотненные крышки, крепящиеся на болтах, а взрывоопасные — крышки на болтах или ввертываемые на резьбе. Ввод стальных труб в коробки, ящики и кожухи электроаппаратов и машин выполняют различными способами, при которых обеспечивается необходимая плотность соединения и надежный электрический контакт. Для присоединения электропроводок в стальных трубах к электродвигателям и аппаратам, а также при обходе препятствий часто применяют гибкие металлолорукава. Провода протягивают

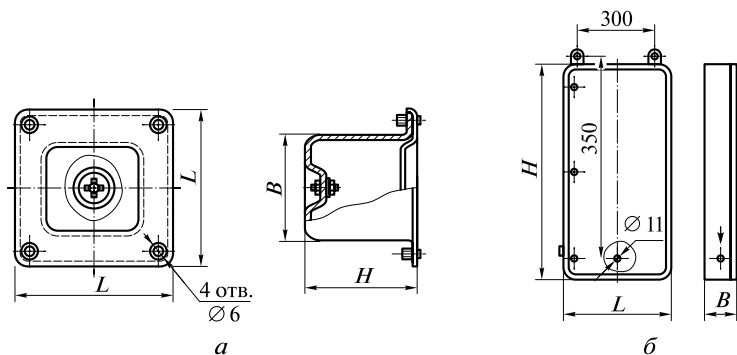


Рис. 5.15. Протяжные и ответвительные коробки и ящики для электропроводок в стальных трубах:

а — коробка стальная (У994У2), отверстия для труб выштамповываются при монтаже (L — от 129 до 221 мм, B — от 110 до 200 мм, H — от 81 до 101 мм); *б* — ящик стальной (К654У2—К658АУ3), отверстия выштамповываются при монтаже (L — от 400 до 800 мм, B — 200 и 300 мм, H — от 400 до 1 200 мм)

в трубах при помощи стальной проволоки, предварительно введенной в трубы. В трубы вдувают тальк для облегчения затягивания, провода также протирают тальком, на открытых концах труб устанавливают втулки для предохранения изоляции проводов от повреждения.

Для затягивания проводов крупных сечений используют специальные приспособления в виде захватов, применяют небольшие лебедки или универсальный электромонтажный привод. Провода в вертикально проложенные трубы затягивают снизу вверх и закрепляют изоляционными клицами или зажимами в промежуточных протяжных коробках. Соединения и ответвление проводов, проложенных в трубах, выполняют только в коробках. Соединение проводов непосредственно в трубах не разрешается.

Стальные водогазопроводные трубы и тонкостенные трубы с толщиной стенок не менее 1,5 мм используют в качестве заземляющих проводников. Для создания непрерывной цепи заземления и надежности электрического контакта соединенных между собой труб при скрытой и открытой прокладке труб требуется приварить к ним с каждой стороны в двух-трех точках металлические коробки, соединительные муфты, манжеты, гильзы.

Допускается осуществлять эти электрические соединения приваркой металлических перемычек достаточной проводимости. Образуется непрерывная электрическая цепь, в которую входят сами трубы, ответвительные и протяжные коробки. Если трубопровод выполнен из неметаллических труб, заземление стальных корпусов электроприемников, ящиков, коробок осуществляют присоединением к вблизи проложенной открытой магистрали заземления или к стальной заземляющей полосе, специально проложенной вдоль трассы трубопровода. При отсутствии магистрали заземления прокладывают для этой цели четвертый провод сечением не менее 50 % фазного провода, но не менее 1,5 мм² для медных проводов и 2,5 мм² — для алюминиевых.

5.5. Шинопроводы

Зоны размещения внутрицеховых магистральных и распределительных сетей и установки распределительных шкафов (рис. 5.16) определяются проектом. Открытые шинопроводы прокладывают вдоль пролетов цехов как питающие шинные магистрали, идущие от цеховых ТП. Прокладывают их обычно по фермам, иногда по стенам. В производственных помещениях шинопроводы прокладывают на высоте не менее 3,5 м от уровня пола и не менее 2,5 м от настила моста крана. Проход открытых шинопроводов через перекрытия, стены, перегородки делают в проемах или изоляционных плитах. В местах, опасных по возможности прикосновения, открытые шинопроводы закрывают металлическими сетками или коробами. Также по фермам цеха прокладывают открытые магистрали освещения,

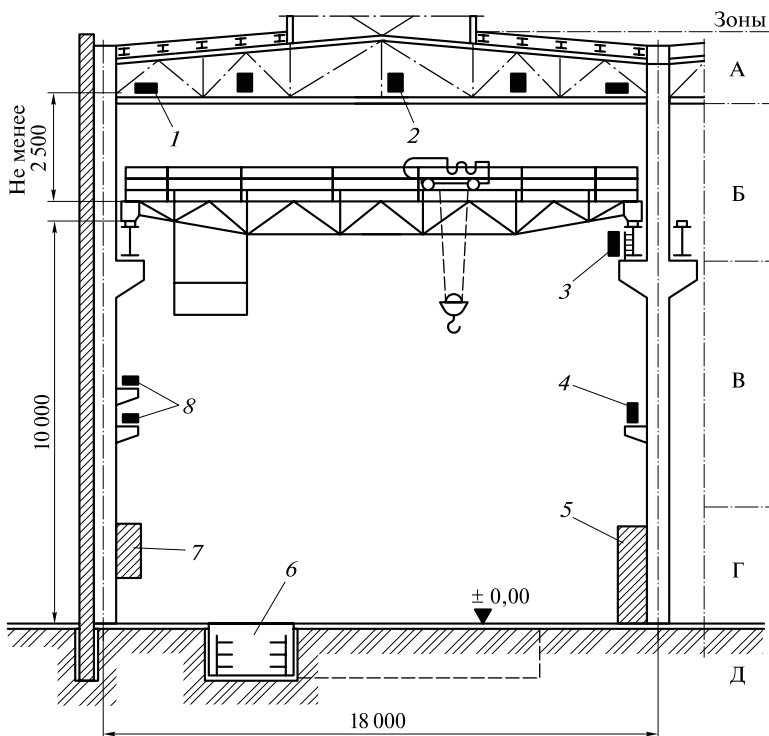


Рис. 5.16. Зоны размещения внутрицеховых электросетей пространства:

А — ферменное; Б — крановое; В — подкрановое; Г — напольное; Д — подземное; 1 — открытые токопроводы или магистрали; 2 — осветительный шинопровод или магистраль; 3 — крановые троллеи; 4 — распределительный шинопровод; 5 — напольный шкаф; 6 — кабельный канал; 7 — навесной шкаф; 8 — магистральный шинопровод

которые могут быть выполнены алюминиевыми шинами или изолированными алюминиевыми проводами.

К питающим магистралям присоединяются распределительные силовые или осветительные пункты до 1 кВ, а также отдельные крупные электроприемники. Присоединение проводов ответвлений от шинных магистралей производят сваркой. Для этого на шинах магистралей до их подъема на фермы в местах отпаек приваривают контактные алюминиевые планки, к которым в дальнейшем приваривают наконечники проводов ответвлений. В настоящее время открытые цеховые шинопроводы почти полностью заменены закрытыми магистральными шинопроводами заводского изготовления.

Виды шинопроводов. В настоящее время основным видом сетей, применяемых для внутрицехового распределения электроэнергии, являются защищенные и закрытые шинопроводы (рис. 5.17).

Магистральные шинопроводы типа ШМА переменного тока на 1 000, 1 600, 2 500 и 4 000 А в защищенном исполнении имеют внутри корпуса три шины, нулевой шиной служат два алюминиевых уголка, расположенных вне корпуса и используемых для крепления шинопровода. Каждая фаза выполнена из двух алюминиевых изолированных шин прямоугольного сечения. Секции имеют длину 0,75; 1,5; 3,0; 6,0 м, секции угловые, ответвительные, тройниковые, присоединительные, подгоночные, гибкие — для обхода препятствий, фазировочные — для изменения чередования фаз, с компенсатором.

Из набора секций комплектуют шинопровод любой конфигурации. Шины смежных секций соединяют сваркой или специальным одноболтовым сжимом. Модернизированная конструкция ШМА имеет внутри корпуса четыре шины: три фазные и одну нулевую. Для магистралей постоянного тока и ошиновки главных приводов прокатных станов выпускают магистральные шинопроводы постоянного тока типа ШМАД на токи 1 600, 2 500, 400 и 6 300 А. Они также собираются из прямых секций длиной 0,75; 1,5; 3,0; 6,0 м, угловых, подгоночных и ответвительных. Шинопроводы ШМАД могут прокладываться по стенам на настенных кронштейнах, по металлическим фермам на кронштейнах или тросовых подвесах, по напольным стойкам.

Распределительные шинопроводы ШРА4 напряжением 380/220 В выпускают на токи 250, 400 и 630 А. Шинопроводы комплектуют

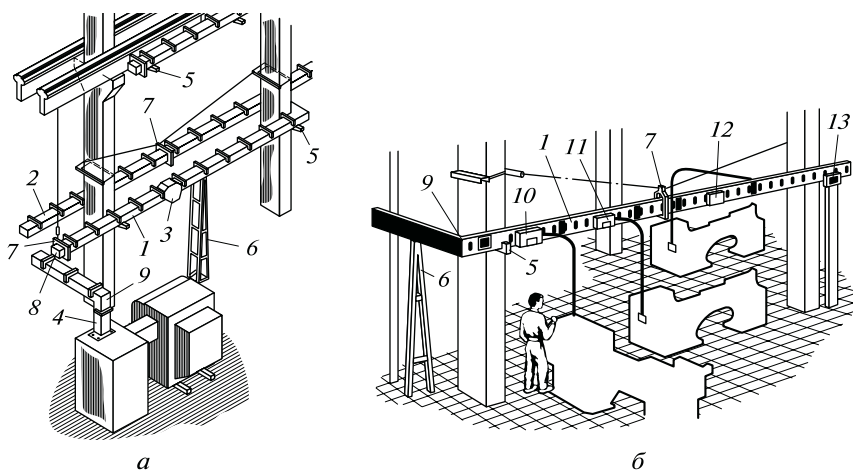


Рис. 5.17. Шинопроводы:

а — магистральные; *б* — распределительный; 1 — прямая секция; 2 — торцевая крышка; 3 — секция с компенсатором; 4 — присоединительная секция; 5 — настенный кронштейн; 6 — напольная стойка; 7 — тросовый подвес; 8 — угловая секция с изгибом шин на плоскость; 9 — угловая секция; 10 — коробка с автоматическим выключателем; 11 — коробка с предохранителями и выключателем; 12 — коробка с указателем напряжения; 13 — вводная коробка

из прямых секций длиной 3 м и 1 м и угловых секций. Прямые секции с каждой стороны имеют штепсельные окна для присоединения ответвительных коробок, которые выпускаются трех видов: с автоматическим выключателем, с предохранителями или рубильниками. Окна для присоединения коробок имеют автоматически закрывающиеся шторки, что обеспечивает безопасное присоединение ответвительных коробок к шинопроводу, находящемуся под напряжением в процессе эксплуатации. Вводные секции рассчитаны на установку их как в середине, так и на концах линии.

Шинопровод ШРА4-100-44-1УЗ обеспечивает возможность штепсельного присоединения трехфазных и однофазных приемников: станков, электроинструмента, оборудования, установленного на конвейерах и автоматических линиях, а также светильников. Шинопровод выпускается на ток 100 А, номинальное напряжение 660/380 В, соединение секций — штепсельное (рис. 5.18). Присоединение однофазных электроприемников осуществляется с помощью специального штепселя, а трехфазных — с помощью штепселя или ответвительных коробок, содержащих аппараты защиты: предохранители или автоматический выключатель. Штепсели и коробки имеют три фазовых, один заземляющий и один нулевой выводы. Для пыльных помещений и пожароопасных зон выпускаются распределительные шинопроводы ШРП на 250 А со степенью защиты IP54. Имеют габаритные и установочные размеры, аналогичные шинопроводам ШРА4.

Осветительные шинопроводы на 25 А, 380/220 В, типа ШОС однофазные ШОС2 и трехфазные ШОС4 представлены на рис. 5.19. Шинопровод собирается из прямых секций длиной 3 м, секция может иметь 3, 6 или 12 ответвлений для подключения светильников с помощью специального ответвительного штепселя (рис. 5.20) на 10 А. В комплект шинопровода входят также секции угловые, гибкие, вводные. С помощью набора этих элементов собирают шинопровод любой конфигурации. Смежные секции соединяются штепсельным стыком с дополнительным креплением двумя винтами. Светильни-

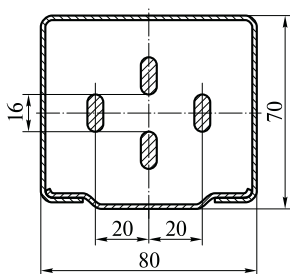


Рис. 5.18. Поперечное сечение шинопровода ШРА4-100-44-1УЗ

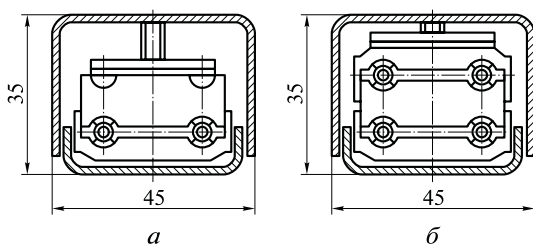


Рис. 5.19. Поперечное сечение осветительного шинопровода ШОС:

а — ШОС2-25-44-1УЗ; *б* — ШОС4-25-44-1УЗ

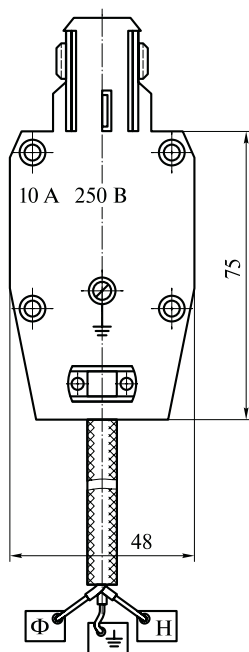
Рис. 5.20. Штепсель на 10 А для подключения светильника к шинопроводу ШОС

ки подвешиваются к шинопроводу с помощью хомута и подсоединяются к любому штепсельному ответвлению. Максимальное расстояние между точками крепления шинопровода 2 м.

Для выполнения осветительных линий в помещениях общественных зданий, а также в административных и бытовых помещениях промышленных зданий выпускается осветительный шинопровод типа ШОС80УЗ. В комплекте шинопровода входят секции прямые длиной от 0,6 до 6 м, секции угловые, тройниковые, вводные. Соединение секций между собой штепсельное; шинопровод двухпроводный, с медными шинами сечением 1×5 мм, в нижней части корпуса по всей длине имеется паз, позволяющий на любом участке секций подключать светильник.

Крановые троллеи прокладывают вдоль подкрановых балок на кронштейнах. Троллеи выполняют в зависимости от грузоподъемности крана из стальных профилей: двутавра № 10, швеллера № 8 или 10, уголка от $75 \times 75 \times 8$ до $32 \times 32 \times 3$. Крановые троллеи могут быть выполнены из алюминиевого профиля марки АДЗ1Т1. На монтаж троллеи поставляют секциями длиной 6 м в комплекте с троллеодержателями и кронштейнами для крепления троллеев, секции снабжают направляющими планками для соединения секций сваркой при монтаже, поставляют их рихтованными и окрашенными.

Троллейные шинопроводы ШТА заменяют открытые крановые троллеи. Шинопроводы ШТА75УЗ на ток 250 и 400 А применяются для питания мостовых кранов, электроталей, передаточных тележек; шинопроводы выполняются с алюминиевыми троллеями (рис. 5.21). Троллейные линии комплектуются из прямых и угловых секций, каждая из которых представляет собой стальной короб, имеющий снизу сплошную шель, внутри корпуса в пазах изолятора смонтированы троллеи. Соединение коробов секций между собой осуществляется муфтами. Подвод питания выполняется проводом или кабелем. Питание электроприемников осуществляется токосъемными каретками, передвигающимися по направляющим полкам вдоль шели корпуса. Токосъемная каретка заземляется через четвертую жилу кабеля к контуру заземления крана. Для сигнализации наличия напряжения на троллеях шинопровода устанавливаются индикаторные коробки, рекомендуемое расстояние между индикаторными коробками не более 60 м.



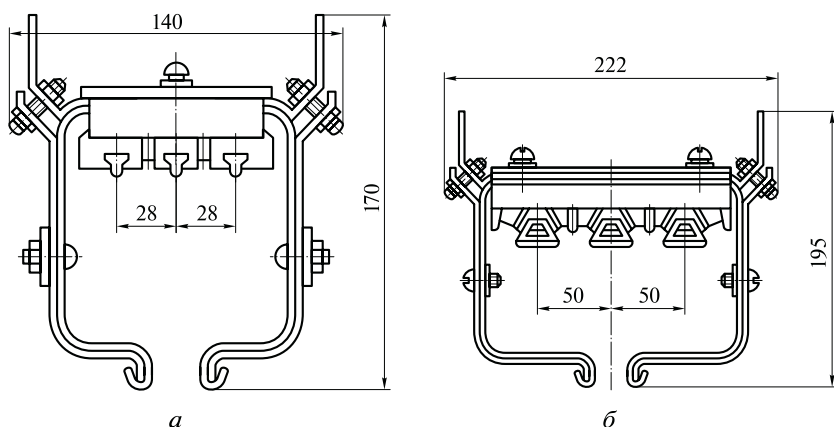


Рис. 5.21. Поперечное сечение шинопроводов:
 а — ШТА75УЗ на 250 А; б — ШТА75УЗ на 400 А

Троллейный шинопровод ШТР4-100-42-1УЗ предназначен для выполнения в производственных помещениях трехфазных четырехпроводных линий, питающих подвесные электрические однобалочные краны, передаточные тележки, тали, а также переносной электрический инструмент. Конструкция шинопровода аналогична конструкции шинопровода ШТА, но троллеи медные.

В последнее время разработаны монотроллейные шинопроводы на напряжение 660 В и на токи 100, 250, 400 и 630 А. Простота конструкции монотроллейных шинопроводов серии ШМТ обеспечивает высокую надежность и технологичность изготовления, а также простоту их монтажа и эксплуатации. Монотроллейные шинопроводы выпускаются двух исполнений: IP21 — с защитной изоляционной оболочкой типа ШМТ-АУ2 и IP00 — без защитной оболочки типа ШМТ-АОУ2. Троллей шинопровода выполняются из алюминиевого сплава АД31 Т, а оболочка — из поливинилхлоридного пластика УВ-10. Опорные кронштейны для крепления шинопроводов устанавливаются с шагом 3 м. Шинопроводы с защитной оболочкой крепят в фиксирующих троллеедержателях, устанавливаемых на кронштейнах (каждую фазу отдельно); все три фазы шинопроводов без оболочки крепят в общей обойме специальных клиц, устанавливаемой на кронштейне.

Монтаж шинопроводов. Открытые токопроводы или шинные магистрали монтируют в следующем порядке. В мастерской электротехнических заготовок выполняется заготовка рулонов алюминиевых шин. Шины правят, сваривают между собой в рулоны длиной 50...300 м и наматывают на кассеты. Одновременно проверяют и комплектуют шинодержателями крепежные конструкции с изоляторами, подбирают изоляционные (секционные) вставки, шинные распорки, натяжные устройства. Комплект материалов токопровода

доставляют на место монтажа. Сначала производят установку концевых и промежуточных опорных конструкций. С помощью электрической лебедки разматывают шины с кассеты и натягивают их поверх нижнего пояса ферм. Начальный конец шины прикрепляют к тяговому тросу лебедки, на промежуточных опорных конструкциях устанавливают раскаточные ролики. Размотку начинают со средней шины. Один конец ее закрепляют на изоляторе с помощью концевого шинодержателя, а другой — в натяжном устройстве, после чего производят предварительную натяжку шины в анкерном пролете. Перед размоткой и натяжкой одной крайней шины концы натяжных конструкций укрепляют оттяжками во избежание перекоса и поломки их от больших крутящих моментов.

Закрытые и защищенные шинопроводы монтируют укрупненными блоками, предварительно собранными в МЭЗ. Магистральные шинопроводы обычно комплектуют в блоки длиной 12 м. В соответствии с разбивкой трассы шинопровода производят сварку секций или соединений их на болтовых сжимах и выполняют изоляцию стыков.

Магистральные шинопроводы прокладывают на кронштейнах по фермам, колоннам, стенам, балкам, на стойках, устанавливаемых на полу, или подвешивают под перекрытием. Монтаж начинают со сложных узлов: с вертикальных участков или присоединительных секций на подходах к КТП. Вертикальные участки начинают монтировать с нижней угловой секции и затем наращивают шинопровод вверх до отметки верхнего горизонтального участка. Горизонтальные прямые участки шинопровода, секции с компенсатором и подгоночные секции монтируют в последнюю очередь. Обычно в цеху устанавливают несколько КТП и магистральные шинопроводы от соседних КТП соединяют через секционный автоматический выключатель. При этом ответственной операцией является фазировка соединяемых шинопроводов. Необходимое чередование фазобеспечивают с помощью специальных секций, установленных на подходе к КТП.

Блоки на опорные конструкции поднимают электролебедками или мостовым краном, а крепление их, сборку и сварку стыков выполняют с автогидроподъемника, автовышки, самоходных подмостей или мостового крана. При подъеме блоков применяют специальную траверсу (рис. 5.22). При монтаже с автогидроподъемника к нижнему поясу ферм крепят монтажный ролик, через который пропускают трос лебедки. К концу крепят траверсу с укрепленным на ней блоком. Лебедкой управляют с пола, концы блока удерживают от разворота с помощью веревочных оттяжек. При монтаже с мостового крана на настиле крана оборудуют монтажную площадку с ограждением. К ферме перекрытия крепят монтажный ролик, через который пропускают трос электролебедки, установленной на мосту крана. Монтаж с самоходных подмостей выполняют аналогично описанному ранее. После подъема и установки блоков на места креплений стыкуют смежные секции. При этом опорные уголки секций, являющиеся нулевым

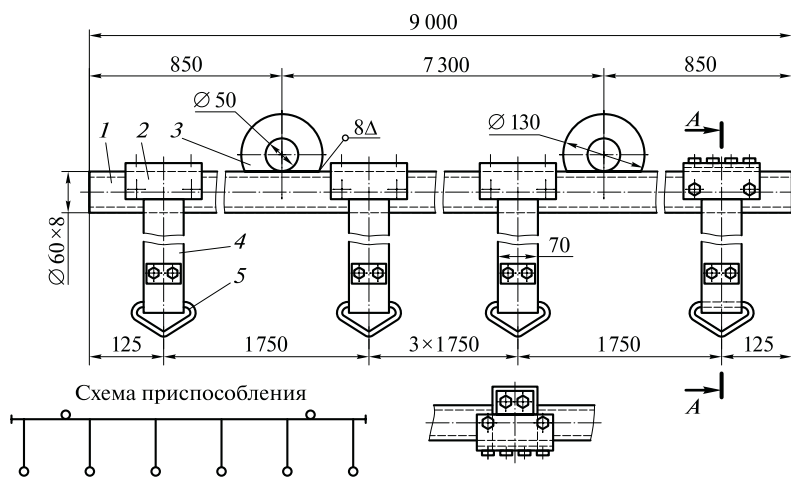


Рис. 5.22. Траверса для подъема шинопроводов:
 1 — труба; 2 — скоба; 3 — серьга; 4 — лента конвейерная; 5 — петля

проводом и заземляющей магистралью металлического короба, сваривают между собой, создавая тем самым непрерывную цепь заземления и зануления. Крепление секций на горизонтальных участках выполняют прижимами, обеспечивающими возможность продольного перемещения при температурных изменениях. На вертикальных участках шинопровод закрепляют на конструкциях болтами через отверстия, просверленные в опорном уголке. Шины секций магистральных шинопроводов соединяют болтовыми сжимами или сваркой.

Монтаж распределительных шинопроводов над полом, на стенах и колоннах выполняют на специальных опорных конструкциях (стойках, кронштейнах, подвесах). Опорные конструкции устанавливают заблаговременно, когда производят подготовку и комплектование секций. Расстояние между соседними опорными конструкциями принимают не более 3 м.

Секции шинопровода в мастерской тщательно осматривают для выявления возможных повреждений, удаляют консервирующую смазку с контактных поверхностей токоведущих шин, с токоведущих поверхностей коробов секций и корпусов вводных и ответвительных коробов в местах заземлений. После доставки секций на место установки и подъема на опорные конструкции их закрепляют зажимными болтами. При этом нулевая шина должна располагаться сверху. Короба смежных секций соединяют винтами и соединительными планками. Соединительные планки приваривают к лапкам, чем обеспечивается непрерывность цепи заземления. Проводники заземления приваривают к соединительной планке. После того как секции соединены, монтажные окна закрывают крышками и закрепляют

имеющимися на них прижимами. Вводные коробки устанавливают в местах соединения секций или в конце шинопровода. Стальную трубу с проводами питающей линии вводят в коробку через отверстие в ее съемном дне или верхней крышке. Корпус коробки крепят к коробу винтами. Между съемным дном и корпусом коробки обеспечивают надежный контакт и корпус коробки заземляют перемычкой на проводнике заземления. Присоединительные элементы вводной коробки располагают снизу соединения шин.

Ответвительные коробки и коробки с указателем напряжения присоединяют через штепсельные окна. Заглушки, закрывающие окна в местах установки коробок, снимают, а крепящие их винты используют для крепления коробок. Перед установкой к коробке подсоединяют провода, при этом участок проводки длиной 0,5 м выполняют гибким проводом для обеспечения возможности снятия коробки без отсоединения проводов. Для ввода проводов сечением более 35 мм² предварительно увеличивают до необходимых размеров отверстие в задней стенке короба.

Провода или оболочку защищенных проводов крепят к коробке специальными скобами. Для надежного закрепления металлической оболочки проводов ее зажимают болтом между двумя швеллерообразными элементами, один из которых приварен к коробке. К этому же болту подсоединяют заземляющий проводник электроприемника, питаемого через данное ответвление от шинопровода. После окончания монтажа перед включением шинопровода под напряжение проверяют наличие крышек на не занятых коробками монтажных и штепсельных окнах, наличие торцевых крышек на концах шинопровода, надежность всех контактов в цепи заземления.

В цехах с расстоянием между колоннами 6 м применяют способ прокладки распределительных шинопроводов ШРА и коробов, показанный на рис. 5.23, а, вместо прокладки на подвесах, изображенной на рис. 5.23, б. При этом способе на колоннах устанавливают по два кронштейна. На нулевой отметке собирают трехметровые секции шинопровода в плети длиной 9 м. Лебедкой поднимают плети на кронштейны и соединяют их между собой. При этом способе отпадает необходимость натягивать трос с промежуточными подвесками, сокращается время монтажа, экономятся материалы и улучшается эстетический вид помещения цеха.

Осветительные шинопроводы устанавливают на стенах, колоннах, фермах, перекрытиях, тросах, а также на распределительных шинопроводах при их совместной прокладке. Шинопроводы крепят на подвесах, кронштейнах, стойках, устанавливаемых непосредственно на строительных элементах зданий. При этом расстояние между крепежными конструкциями не должно превышать 3 м. В местах, где расстояние между точками жесткого крепления превышает 3 м, допускается подвеску шинопровода выполнять промежуточным креплением тросами, закрепляемыми к шинопроводам подвесками в местах

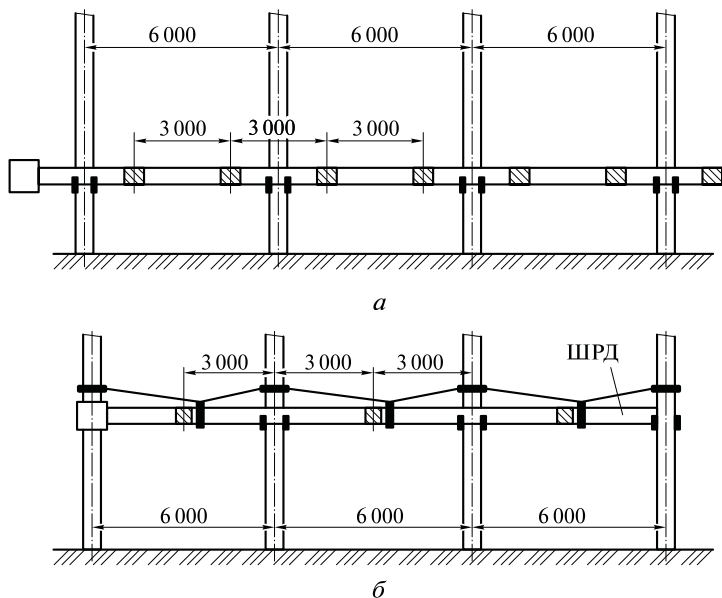


Рис. 5.23. Способы установки и крепления распределительных шинопроводов ШРА и коробов при расстоянии между колоннами 6 м:

а — новый; *б* — старый

соединения секций. Соединения смежных секций и подсоединение светильников выполняются штепсельным контактом. Светильники подвешивают с помощью хомута с крючком или крепят к строительным конструкциям.

Открытые крановые троллеи монтируют укрупненными блоками обычно длиной 6 м, собираемыми в мастерских. Блоки троллеев с троллейными конструкциями, изоляторами, крепежными деталями, отрихтованными троллеями и шинами подпитки доставляют на место монтажа.

Блоки раскладывают вдоль трассы троллейной линии, затем поднимают к подкрановым балкам и стыкуют с троллеями смежных блоков. Поднимают укрупненные блоки троллеев с помощью мостового крана, электролебедок или других подъемных средств. Кронштейны для установки троллеев крепят к металлическим балкам электросваркой, к железобетонным — с помощью шпилек. Работы выполняют с монтажных люлек, подвешенных к мостовому крану или передвижным подмостам. Если есть возможность, работы выполняют с самоходных выдвигаемых подмостей или с автогидроподъемника. Расстояние между осями крепления кронштейнов не должно быть более 3 м.

После окончательной выверки сваривают троллеи смежных блоков, приваривают температурные компенсаторы и подсоединяют

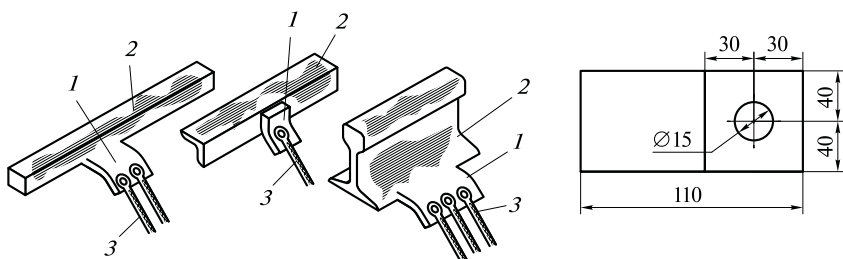


Рис. 5.24. Токопроводящие планки на стальных троллеях:

1 — планка; 2 — троллей; 3 — питающие провода

питающие линии. Аллюминиевые провода к стальным троллеям подсоединяют через троллейные планки (рис. 5.24). При монтаже троллеев соблюдают следующее:

- расстояние между токоведущими и неизолированными конструкциями должно быть не менее 50 мм, отклонения троллеев от основных осей по горизонтали — не более 10 мм и по вертикали — не более 20 мм;
- зазор между торцами троллеев у температурных швов здания — не менее 50 мм;
- кромки торцов троллеев на стыках запиливаются так, чтобы был обеспечен свободный проход токосъемника;
- троллеи каждого участка между компенсаторами закрепляют жестко в средней точке, а в остальных местах креплений должна быть обеспечена возможность продольного перемещения троллеев при температурных изменениях;
- между торцами троллеев ремонтного участка оставляется воздушный зазор не менее 50 мм, при этом по обе стороны стыка устанавливаются троллеедержатели.

Троллейные шинопроводы монтируют так же, как магистральные.

Шинопровод крепят к подкрановым балкам на кронштейнах и промежуточных подвесках или прокладывают на стойках, установленных на полу. Секции соединяют с помощью соединительных муфт. Шинопровод крепят через 3 м в местах установки соединительных муфт. Токосъемные каретки вводят в короб через специальные муфты, которые входят в комплект шинопровода. Питание к троллеям подводят через присоединительные зажимы кабелям или проводом, проложенным в трубе.

5.6. Монтаж сетей освещения

Специальные устройства, предназначенные для освещения территорий, а также различных помещений, зданий и сооружений, называются *осветительными электроустановками*. Они являются

необходимым элементом современных жилых домов, учреждений, общественных зданий и производственных предприятий и представляют собой сложный комплекс, состоящий из распределительных устройств, магистральных и групповых электрических сетей, различных электроустановочных приборов, осветительной арматуры и источников света, а также крепежных, поддерживающих и защитных конструкций. Основным элементом осветительной электроустановки — источник света (лампы).

Различают три вида освещения: рабочее, аварийное и эвакуационное (освещение безопасности).

Рабочее освещение предназначено для создания таких условий видимости, при которых возможна нормальная деятельность людей, находящихся на освещаемой территории. Рабочее освещение создает на рабочих поверхностях освещенность, соответствующую нормам.

Аварийное освещение служит для временного продолжения деятельности при отключении рабочего освещения.

Эвакуационное освещение применяется при авариях в сети общего освещения, чтобы дать возможность людям выйти из здания или сооружения.

Во всех производственных и общественных зданиях и в зонах работы на открытых пространствах светильники рабочего и аварийного освещения должны питаться от разных независимых источников электроэнергии; светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения конструкцией, размером, окраской корпуса и другими признаками.

Применяются две системы внутреннего освещения: общая и комбинированная. Для освещения производственных помещений применяют систему комбинированного освещения или одного общего, а для непромышленных помещений, как правило, общее равномерное освещение.

Система общего освещения предназначается для одновременного освещения всего помещения вместе с рабочими местами, создавая по всей площади помещения или территории освещенность, соответствующую характеру выполняемых работ. Светильники общего освещения располагают в верхней зоне, устанавливая на перекрытиях, фермах, других конструктивных элементах зданий.

Система комбинированного освещения состоит из общего и местного освещения, которые устанавливают на рабочих местах или рядом с ними так, чтобы световой поток был направлен непосредственно на рабочую поверхность.

Для питания электрического освещения допускается применение напряжения не выше 220 В с включением ламп на междуфазное напряжение (в сети 220/127 В) или на напряжение между фазой и нулевым проводом (в сети 380/220 В). В осветительных установках с газоразрядными лампами предельно допустимым и наиболее оптимальным является напряжение 380/220 В. Для местного освещения

в помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током применяют напряжение установок общего освещения, в остальных случаях — не более 42 В, в особо опасных — не более 12 В. Для безопасного обслуживания осветительной электроустановки все ее элементы (металлический корпус светильника, выключателя и др.), подлежащие заземлению, должны быть присоединены к сети защитного заземления.

Современные источники света отличаются большим разнообразием, однако их можно разделить на две группы. К одной относятся тепловые — лампы накаливания, а к другой — газоразрядные лампы (люминесцентные, ртутные и др.).

Лампы накаливания имеют общее или специальное назначение. Лампы накаливания общего назначения выпускаются на номинальное напряжение 130, 220, 225, 235 и 240 В с интервалом напряжений питания 125... 135, 215... 225, 220... 230, 230... 240 и 235... 245 В, мощность ламп от 15 до 1 500 Вт. Световая отдача ламп зависит от их мощности, она возрастает с увеличением мощности. Лампы накаливания специального назначения могут выполнять функции светильников, если на внутреннюю поверхность их колб нанесен зеркальный или диффузный отражающий слой. Для местного освещения выпускают лампы, рассчитанные на пониженное напряжение, мощностью до 100 Вт.

Газоразрядные источники света представляют собой довольно обширную группу ламп, в которых видимое излучение (свет) создается электрическим разрядом в газах или парах металлов, причем это излучение в большинстве случаев имеет разный цвет. Еще лучшие результаты дает сочетание излучений электрического разряда и люминофоров — специальных кристаллических светосоставов. Наибольшее распространение получили трубчатые люминесцентные лампы низкого давления (ЛД, ЛДЦ, ЛБ, ЛТБ), дуговые ртутные люминесцентные (ДРЛ), шаровые ртутные прожекторные (ДРШ), натриевые низкого давления, ксеноновые, дуговые ртутные низкого давления (ДРИ) и ДР. По сравнению с лампами накаливания они имеют ряд преимуществ:

- в 4—5 раз большая светоотдача;
- в 10—15 раз дольше служат;
- спектр излучения люминесцентных источников света больше приближается к привычному солнечному свету.

Для перераспределения излучаемого лампами светового потока в необходимых направлениях, защиты от слепящего действия открытых ламп и защиты их от воздействия среды лампы помещают в осветительную арматуру. Осветительная арматура с установленной в ней лампой называется *светильником*. В стране изготавливают несколько сотен типоразмеров светильников, предназначенных для применения внутри зданий и помещений различного вида, разной мощности и различного количества ламп.

Светильники различают:

- по распределению (направлению) светового потока;
- степени защиты от пыли, воды и взрыва;
- степени защиты от слепящего действия открытых ламп.

По назначению различают светильники для жилых, общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий, а также для наружного освещения. По способу установки светильники подразделяют на подвесные, люстры (многоламповые подвесные), потолочные (плафоны), встроенные (в потолок или оборудование), настенные (бра), опорные (для установки на горизонтальной опорной поверхности), настольные и напольные (торшеры), вечающие (опорные для освещения открытых пространств), консольные, ручные, головные (располагаемые во время работы на голове).

При монтаже светильников и сетей освещения должны соблюдаться следующие требования:

- крепление светильника к опорной поверхности должно быть разборным;
- светильники, применяемые в установках, подверженных вибрации и сотрясениям, должны быть установлены с применением амортизирующих устройств;
- крюки и шпильки для подвеса светильников в жилых зданиях должны иметь устройства, изолирующие их от светильника;
- присоединение светильников к групповой сети должно быть выполнено с помощью колодок зажимов, обеспечивающих присоединение как медных, так и алюминиевых проводов сечением до 4 мм²;
- концы проводов, присоединенных к светильникам, счетчикам, автоматическим выключателям, щиткам и электроустановочным аппаратам, должны иметь запас по длине, достаточный для повторного подсоединения в случае их обрыва;
- при подсоединении автоматических выключателей и предохранителей ввертного типа защитный (нулевой) провод должен быть присоединен к винтовой гильзе основания;
- вводы проводов и кабелей в светильники и электроустановочные аппараты при наружной их установке должны быть уплотнены для защиты от проникновения пыли и влаги.

Для включения и отключения ламп в осветительных групповых сетях применяют установочные выключатели, переключатели, пакетные выключатели и автоматические выключатели. По форме рукояток управления выключатели подразделяются на поворотные, рычажные, клавишные и кнопочные (одно- и двухкнопочные). Наиболее удобны в управлении выключатели с клавишными рукоятками. В осветительных групповых сетях устанавливают выключатели и переключатели на 2,5; 4; 6 и 10 А.

Установочные автоматические выключатели одно- и трехполюсные до 50 А в основном применяют в промышленных и обществен-

ных зданиях, а также в жилых домах для защиты и управления освещением с осветительных щитков. Электроустановочные аппараты при открытой установке в производственных помещениях должны быть заключены в специальные кожухи или коробки. Аппараты, применяемые при открытой электропроводке, должны устанавливаться на подкладках из непроводящего материала толщиной не менее 10 мм. Переносные осветительные, нагревательные и другие приборы подсоединяются к электросети через штепсельные соединения, состоящие из неподвижно установленной штепсельной розетки и вилки. В осветительных сетях обычно применяют однополюсные штепсельные соединения на 6 и 10 А с цилиндрическими и плоскими контактами (штырями). Для подсоединения переносных электроприемников с заземляемыми корпусами устанавливают штепсельные розетки и вилки с заземляющими защитными контактами для присоединения заземляющего проводника. Выключатели и штепсельные розетки изготавливают в исполнениях для открытой и скрытой проводок, устанавливают их соответственно открыто на стене или утопленно в стене в нише (коробке).

Для распределения электроэнергии, установки приборов защиты от КЗ и перегрузки, управления осветительными приборами, а также установки электрических счетчиков применяют осветительные щитки и пункты. На вводе в жилые многоквартирные дома и в общественные здания устанавливают вводно-распределительное устройство (ВРУ). На ВРУ устанавливаются приборы защиты и отключения ввода и магистралей для питания электроэнергией квартир (стояков), освещения подвалов, лестничных клеток; счетчики для учета электроэнергии, расходуемой в общедомовых осветительных и силовых сетях зданий, а также аппараты для автоматического управления освещением лестничных клеток.

Электроэнергия, расходуемая в жилых квартирах, учитывается счетчиками, установленными в каждой квартире. В жилых многоэтажных зданиях для распределения электроэнергии по квартирам на лестничных площадках устанавливают этажные щитки в утопленном исполнении с приборами защиты, отключения и счетчиками для учета энергии в каждой квартире. Нередко эти щитки совмещают со шкафом для устройств подсоединения абонентов к телефонной, радиотрансляционной и телевизионной сетям дома.

В осветительных сетях трехфазных с заземленной нейтралью 380/220 В применяются трехфазные и однофазные групповые линии. Защитные и отключающие аппараты устанавливают только в цепях фазных проводов. Исключение составляют двухпроводные цепи с нулевым рабочим проводом, прокладываемые во взрывоопасных зонах класса В-1, в которых защищают от токов КЗ как фазный, так и нулевой рабочий провод. При этом для заземления прокладывают третий провод. На таких линиях плавкие предохранители устанавливают как на фазном, так и на нулевом проводе, а для одновременного

отключения фазного и нулевого проводов применяют двухполюсные выключатели.

Управление общим освещением может быть:

- местным — выключателями, установленными при входе в помещение;
- централизованным — с осветительных щитков, обычно автоматическими выключателями, защищающими групповые линии;
- дистанционным — магнитными пускателями, управляемыми из одного места, где имеется постоянное дежурство;
- автоматическим — обеспечивающим включение и отключение освещения без участия человека по заданному суточному режиму, применяемое в наружном освещении.

Монтаж осветительных установок. Монтаж должен осуществляться в соответствии с проектом. Примерная последовательность выполнения монтажных работ состоит из двух стадий.

На первой стадии выполняются следующие работы:

- устройство проемов, ниш, каналов, борозд, гнезд и отверстий для установки электрооборудования и прокладки трасс электропроводок, предусмотренных проектом; эти работы должны производиться строительной организацией, а те из них, которые не могут быть предусмотрены проектом, — электромонтажниками;
- заготовка, изготовление и комплектация закладных и крепежных деталей и конструкций вне зоны монтажа;
- разметка на стенах и потолках трасс электропроводок и мест установки светильников, выключателей, розеток и других приборов, щитов, щитков, а также магистральных и групповых электропроводок; эти операции выполняются в готовых помещениях до начала штукатурных и затирочных работ (при скрытой электропроводке) и по окончании штукатурных и затирочных работ — при открытой электропроводке;
- установка закладных деталей и элементов электропроводок и электроконструкций (щитов, шкафов); выполняется при строительстве сооружения;
- заготовка элементов электропроводок: отмеривание, резка, правка проводов и кабелей, обработка и подготовка концов жил, соединение жил проводов и кабелей по элементным схемам, изолирование соединений, оконцевание жил проводов и кабелей, маркировка готовых элементов электропроводки, свертывание их в бухты; работы осуществляют вне зоны монтажа в МЭЗ;
- пробивка борозд, высверливание гнезд для установки коробок и крюков; эти операции выполняются в готовых зданиях до начала штукатурных работ при скрытой проводке и по окончании штукатурных работ — при открытой проводке;
- установка ответвительных и других коробок под выключатели и розетки, арматурных крюков при скрытой проводке, а также

труб, крепежных деталей, скоб, крюков, подрозетников при открытой проводке.

Работы, выполняемые на второй стадии монтажа:

- установка, выверка и крепление электрооборудования, приборов и аппаратов в полностью отделанных помещениях;
- прокладка проводов и кабелей или готовых элементов электропроводок по выполненной заготовке; ведется в готовых помещениях по окончании штукатурных работ, но до выполнения малярных при скрытой проводке и после окончания малярных работ — при открытой проводке;
- установка светильников, выключателей, розеток и других аппаратов, соединение отдельных элементов электропроводок в общую схему с проверкой всей электропроводки, окончание жил проводов и кабелей, не выполненное в МЭЭ.

При монтаже осветительного оборудования выполняют следующие основные требования:

- светильники в ряду и по высоте выравнивают так, чтобы отклонения их не были заметны на глаз;
- установочные изделия закрепляют по центру розеток, ниш, выверяют строго по вертикали и горизонтали положение их кнопок, рукояток и штепсельных гнезд;
- выключатели на стенах устанавливают на высоте 1,5 м от пола;
- штепсельные розетки устанавливают на высоте 0,8... 1 м от пола или 0,3 м от пола (надплинтусовые);
- в школах, детских садах, яслях, в помещениях для пребывания детей штепсельные розетки устанавливают на высоте 1,5 м.

Выключатели и автоматические выключатели с рычажными и клавишными рукоятками устанавливают так, чтобы при включении освещения рукоятка двигалась вверх (нажатие верхней части клавиши). Штепсельные розетки устанавливают так, чтобы гнезда располагались по горизонтали. Выключатели общего освещения и штепсельные розетки, устанавливаемые у входа в помещение, размещают так, чтобы они не загоразивались открывающейся дверью. Выключатели для санузлов и штепсельные розетки устанавливают вне этих помещений.

Наибольшее распространение для групповых осветительных проводок в жилых домах, культурно-бытовых зданиях, школах, бытовых помещениях промышленных предприятий получила несменяемая скрытая под штукатуркой проводка плоскими проводами. Прокладка проводов выполняется как в специальных бороздах, так и без борозд по кирпичным и бетонным основаниям, с закреплением «примораживанием» алебастровым раствором.

Допускается прокладка плоских проводов также в зазорах между плитами перекрытий, в каналах и пустотах многопустотных плит междуэтажных перекрытий. Скрытую прокладку плоских проводов по деревянным оштукатуренным стенам и перегородкам произво-

дят под слоем штукатурки на полосках листового асбеста толщиной не менее 3 мм, выступающих с каждой стороны провода не менее чем на 5 мм или по намету штукатурки толщиной не менее 5 мм.

Открытую прокладку осуществляют непосредственно на поверхности несгораемых стен и потолков без дополнительной изоляции, а также по стенам и потолкам, покрытым штукатуркой. При проводке по деревянным стенам, перегородкам и потолкам требуется подкладка листового асбеста толщиной 3 мм. При широком применении плоских проводов установлены некоторые ограничения.

Не разрешается их прокладка:

- открытая — в пожароопасных помещениях и на чердаках;
- открытая и скрытая — в помещениях взрывоопасных, с активной агрессивной средой и в особо сырых;
- непосредственно по деревянным основаниям — в детских и лечебных учреждениях, школах, зрелищных предприятиях; на сценах и в зрительных залах.

Не разрешается использовать плоские провода для зарядки подвесной осветительной арматуры.

При разметке трасс проводов учитывают возможность повреждения проводов при эксплуатации зданий. Кроме того, придерживаются архитектурных линий, стен и потолков, карнизов, углов, плинтусов для нахождения кратчайших расстояний для экономии провода. Выбор и разметку трасс выполняют исходя из следующих требований:

- осуществлять горизонтальную прокладку проводов параллельно линиям пересечения стен с потолком на расстоянии 100...200 мм от потолка или 50...100 мм от карниза или балки и 200 мм от плинтуса;
- прокладывать вертикальные участки параллельно линиям дверных и оконных проемов или углов помещений на расстоянии от них до 100 мм;
- не допускать непосредственного соприкосновения проводов с металлическими конструкциями зданий и трубопроводами;
- прокладывать групповые линии до штепсельных розеток по горизонтальной линии, соединяющей штепсельные розетки;
- соблюдать расстояния между параллельно прокладываемыми проводами в пределах 3...5 мм;
- прокладывать провода пакетами и пучками запрещается;
- соблюдать расстояния между точками крепления открыто проложенных плоских проводов в пределах 400 мм.

Монтаж осветительных сетей начинается с разметки трассы и производства пробивных работ, как указывалось ранее. Плоские провода, прокладываемые открыто, крепят гвоздями, пластмассовыми скобами, металлическими полосками, приклеиванием. Крепление гвоздями следует выполнять осторожно с применением оправки, чтобы не повредить изоляцию. При скрытой прокладке провод укладывают на поверхности стен, покрываемых мокрой штукатуркой

или в борозде и сначала закрепляют раствором у коробок, а затем по длине трассы. При укладке провода в борозде производят заделку борозды раствором заподлицо с чистой поверхностью стены. Крепление плоских проводов гвоздями при скрытой электропроводке не допускается. В ответвительных коробках провода вначале соединяют скруткой. Соединения проводов сваривают или опрессовывают и изолируют после проверки всей групповой сети помещения на горение ламп.

В настоящее время заготовка проводок и целых комплектных линий для жилых зданий повсеместно выполняется индустриально, на специальных стендах и технологических линиях в МЭЗ. Для изготовления узлов электропроводок в МЭЗ и монтажа проводок на месте строительства разрабатываются технологические карты. На стендах и технологических линиях производят правку проводов, перерезание их на мерные отрезки, снятие изоляции с концов проводов и перемычек между жилами, изгибание жил и изготовление колец на концах жил, ввод концов проводов в соединительные коробки, соединение, оконцевание жил проводов и изолирование мест соединений. Проверяют схему, отмечают нулевую жилу. Заготовленные проводки сматывают в бухты, маркируют бирками и в контейнерах транспортируют на монтаж.

Скрытая электропроводка под штукатуркой является несменяемой. Для монтажа сменяемой скрытой электропроводки выпускаются панели, в которых предусмотрены внутренние каналы или замоноличенные пластмассовые трубы и закладные детали, гнезда и отверстия для установки распасечных коробок, выключателей и розеток. Каналы должны иметь на всем протяжении гладкую поверхность без натеков и острых углов. Толщина защитного слоя над каналом (трубой) должна быть не менее 10 мм, длина каналов между протяжными нишами или коробками должны быть не более 8 м.

В последнее время все более широкое применение получает новая технология образования устройств для сменяемых электропроводок, предусматривающая замену формованных каналов и гнезд на закладные пластмассовые трубы и коробки. Замена технологии формования каналов и гнезд на технологию закладки пластмассовых труб диаметром 25 мм и коробок повышает качество и уровень заводской готовности железобетонных конструкций, улучшает экономические показатели монтажных работ.

Установка и обслуживание светильников. В зависимости от конструкции светильника и способа прокладки электрической сети применяют следующие способы подвески и крепления светильников:

- подвеску на крюк или шпильку, на тросе или тросовом проводе;
- навинчивание на стальную трубу;
- установку на кронштейне, подвесе или стойке, на коробе, на шинном проводе, в проеме перекрытия и в подвесном потолке.

Плафоны устанавливают на деревянных розетках, закрепляемых на стенах и потолках. Подвеска светильников непосредственно на проводах электропроводки не допускается.

Конструкции, детали изделия и приспособления для подвески светильников закрепляют на потолках, стенах, колоннах с помощью закладных дюбелей, встраиваемых дюбелей, закладных частей. Для монтажа светильников выпускают серию типовых подвесов, кронштейнов, стоек из стальных труб для крепления светильников на нижнем поясе ферм, а также стойки для крепления светильников к перилам или ограждениям мостиков, площадок.

Для крепления одиночных светильников массой до 5 кг к плитам перекрытий выпускают стальные крюки, закладываемые в перекрытие, в комплекте с потолочной розеткой. Последняя служит для закрывания отверстия выхода проводов в перекрытиях, в розетке также соединяют провода светильника с проводами линии при помощи люстровых зажимов. Конец каждого крюка изолирован. Изоляция крюка предотвращает случайное соединение металлических нетокопроводящих частей светильника с заземленными металлической арматурой, железобетонными плитами или стальными трубами электропроводки.

Помимо крюков применяют стальные шпильки, с помощью которых крепят настенные, потолочные и подвесные светильники, снабженные не кольцом для подвески, а скобой с отверстием. Использование изделий и конструкций заводского изготовления для подвески светильников уменьшает трудоемкость и снижает стоимость работ. В соответствии с требованиями ПУЭ приспособления для подвешивания светильников должны выдерживать в течение 1 ч без повреждений и остаточных деформаций приложенную к ним нагрузку, равную пятикратной массе светильника, а для сложных многоламповых люстр с массой 100 кг и более — нагрузку, равную двукратной массе люстры плюс 80 кг.

Удобны при монтаже и в условиях эксплуатации осветительных установок штепсельные разъемные соединения между светильником и электрической сетью. При наличии штепсельных соединений постоянные светильники по проекту монтируются после окончания строительно-отделочных работ, а штепсельные разъемы можно использовать для временных присоединений, что исключает повреждения и загрязнения дорогостоящих светильников. В процессе эксплуатации обеспечивается легкое и быстрое отсоединение светильников от сети для осмотра, ремонта и замены. Основные детали штепсельного соединения — розетка и вилка, соединенные накидной гайкой с уплотнением.

Светильники с люминесцентными лампами имеют значительную длину и относительно небольшую мощность, поэтому их устанавливают в непрерывные светящиеся линии или линии с небольшими разрывами между светильниками. Для уменьшения числа рядов

применяют также совместную установку по два светильника в одном ряду. Одиночные люминесцентные светильники на стенах и колоннах устанавливаются с помощью кронштейнов. Для установки как одиночных, так и собранных в группы светильников применяют трубные подвесы, штанги, подвесы из профилей и уголков, типовые гнутые перфорированные профили, которые облегчают монтаж.

Более совершенный способ установки люминесцентных светильников разных типов — подвеска их на магистральных осветительных коробах. Короба КЛ-1 и КЛ-2 (однорядной и двухрядной подвески) предназначены для подвески люминесцентных светильников и прокладки в них проводов сети, питающей эти светильники. Загнутые внутрь края короба образуют каналы для проводов. Провода рабочего и аварийного освещения прокладывают в разных отсеках короба. Светильники подвешивают на специальных держателях, поставляемых комплектно с коробом и закрепляемых в щели нижней части короба. Держатели можно перемещать вдоль короба, что позволяет подвесить светильник в любом месте. Неперекрываемая светильниками часть короба закрывается крышками. Ответвление проводов к светильникам от питающей магистрали делают внутри короба в малогабаритных сжимах без разрезания магистрали. Ввод проводов в короб предусмотрен с крайнего торца через привариваемые заглушки. Соединение секций коробов, имеющих длину 2 м, производится при помощи скоб и винтов. Секции коробов могут быть соединены в непрерывную линию неограниченной длины. Комплектно с коробами поставляют типовые детали для их установки: тросовые подвески, скобы, кронштейны; с помощью этих деталей короба закрепляют, подвешивают к перекрытиям, балкам, колоннам, стенам, фермам. Держатели светильников в коробах снабжены цепочками или подвесками в виде сцепленных проволочных звеньев, которые позволяют опускать светильники для обслуживания, смены ламп, ремонта. Заземление короба осуществляют присоединением заземляющего провода к приваренному внутри короба зажиму.

Хорошее состояние искусственного освещения производственных помещений повышает производительность труда и качество выпускаемой продукции. Поэтому должны быть обеспечены условия для своевременной замены вышедших из строя ламп, чистки и ремонта светильников. Для обслуживания электроосветительных установок в цехе организуется участок и оборудуется специальное помещение. Дежурный персонал, обслуживающий установки, обеспечивается переносными светильниками с автономным питанием. На участке хранится запас светильников всех типов и плавких калиброванных вставок.

При высоте подвеса светильников до 5 м осветительные установки обслуживаются с приставных лестниц и стремянок не менее чем двумя лицами. В помещениях, где светильники устанавливаются на высоте более 5 м, осветительные установки обслуживаются с мо-

стовых кранов, мостиков обслуживания, передвижных вышек. Смена и чистка светильников, смена ламп, ремонт сети выполняются при снятом напряжении. Уровень освещенности в помещениях и отдельных контрольных точках проверяется 1 раз в год. Правила технической эксплуатации устанавливают сроки осмотров и проверки электропроводок освещения, а также предусматривают требования периодической чистки стекол световых проемов в помещениях.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите систему буквенных обозначений марок проводов.
2. Каков состав работ по стадиям при монтаже электропроводок?
3. Опишите порядок и состав операций при подготовке трасс электропроводок.
4. Каковы области применения открытых и скрытых электропроводок?
5. Охарактеризуйте виды открытых электропроводок.
6. Назовите области применения электропроводок в трубах и опишите способы заготовки элементов трубных трасс.
7. Опишите конструкцию магистральных, распределительных и троллейных шинопроводов.
8. Какие основные требования к монтажу светильников и сетей освещения вы знаете?

6.1. Общие сведения

Распределительным устройством называется электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы.

Открытым распределительным устройством (ОРУ) называется РУ, если все или основное оборудование его расположено на открытом воздухе.

Закрытым распределительным устройством (ЗРУ) называется РУ, оборудование которого расположено в здании.

Комплектным распределительным устройством называется РУ, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов и блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном виде или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектное распределительное устройство, предназначенное для внутренней установки, сокращенно обозначается КРУ. Комплектное распределительное устройство, предназначенное для наружной установки, сокращенно обозначается КРУН.

Подстанцией называется электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений. В зависимости от преобладания той или иной функции подстанции бывают трансформаторными или преобразовательными.

Распределительным пунктом (РП) называется РУ, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции.

Комплектной трансформаторной (преобразовательной) подстанцией называется подстанция, состоящая из трансформаторов (преобразователей) и блоков (КРУ или КРУН и других элементов),

поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные {преобразовательные} подстанции (КТП, КПП) или части их, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам, устанавливаемые на открытом воздухе, — к наружным установкам. Трансформаторные подстанции (ТП) и распределительные устройства (РУ) на напряжения 6, 10 и 35 кВ в настоящее время применяются преимущественно в виде комплектных устройств, полностью изготовленных на заводах для установки внутри и вне помещений.

КТП внутренней установки выпускаются с трансформаторами мощностью 160, 250, 400, 630, 1 000, 1 600, 2 500 кВА, трансформаторы могут быть типа ТМЗ с несгораемым жидким диэлектриком типа ТНЗ и сухие типа ТСЗ; КТП могут быть одно-, двух- и трехтрансформаторными. Конструкция всех КТП обеспечивает возможность замены силового трансформатора без демонтажа РУ.

Шафы ввода высокого напряжения (ВН) выпускаются с коммутационными аппаратами:

- выключателем нагрузки;
- выключателем нагрузки и предохранителем;
- разъединителем и предохранителем ПК.

Шафы на стороне низкого напряжения (НН) имеют на вводе коммутационный аппарат — автоматический выключатель, на отходящих линиях — автоматические выключатели или блок предохранитель-выключатель.

Отечественной промышленностью выпускается КТП на напряжении 35 кВ. На рис. 6.1 приведена схема конструкции КТП на напряжении 35 кВ типа СКТП-35. Поставляют КТП в собранных узлах строительных и электротехнических конструкций. В поставку завода не включаются: трансформаторы, железобетонные опоры и порталы,

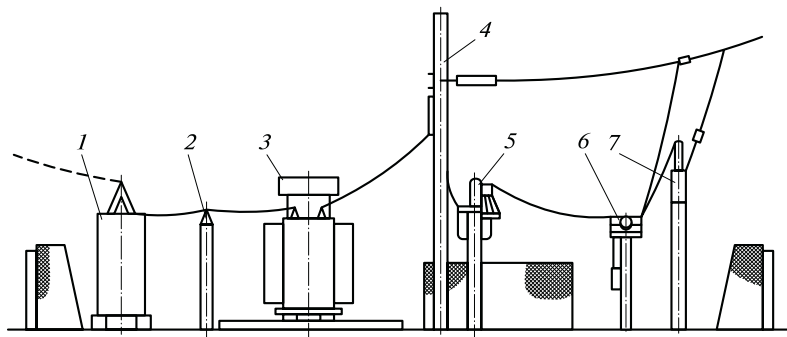


Рис. 6.1. Однотрансформаторная подстанция типа СКТП-35:

1 — шкафы КРН; 2 — опорные изоляторы; 3 — трансформатор; 4 — портал; 5 — предохранители ПСН-35 и разрядники; 6 — разъединитель; 7 — аппаратура с ВЧ-связью

провода ошиновки, сиговые и контрольные кабели, линейная аппаратура и изоляторы. Поставка подстанции собранными узлами позволяет существенно упростить и ускорить ее монтаж. Выпускаются также КТП на напряжение 110 кВ без выключателей на стороне 110 кВ. Такие КТП используются как районные понижающие подстанции, как понижающие подстанции промышленных предприятий.

На рис. 6.2 представлена подстанция с трансформаторами мощность 10—40 МВ·А. Существуют и КТП блочного исполнения наружной установки на напряжение 110/6—10 кВ с ОРУ низкого профиля. Блочные конструкции с монтажом отделителей, короткозамыкателей и другого оборудования изготавливаются на заводе, включая выполнение операции регулировки и наладки. Контрольные кабели прокладываются в унифицированных металлических лотках. Соединение трансформаторов со стороны 6—10 кВ с ячейками КРУН осуществляется закрытыми токопроводами заводского изготовления. Работы по сооружению КТПБ сводятся к монтажу и соединению шинами и кабельными коммуникациями отдельных блоков заводского изготовления, устанавливаемых на фундаментах поверхностного типа.

Закрытые распределительные устройства (ЗРУ) выполняют в виде одноэтажного помещения, в котором устанавливают камеры КРУ или КСО. Эти камеры изготавливают на заводах комплектно, в собранном виде, с необходимой аппаратурой и оборудованием. Монтаж ЗРУ сводится к установке в готовом помещении комплектных камер, соединению их между собой и монтажу схем внешних соединений (силовых и контрольных кабелей, сборных шин).

Комплектные стационарные камеры одностороннего обслуживания типа КСО-272 и КСО-366 изготавливают на напряжения 6 и 10 кВ. В камерах КСО-272 монтируют выключатели ВМГ-10 на 600 и 1000 А с приводом ПП-67, ПЭ-11, ПРБА. Камеры КСО-366 — малогабаритные, имеют в плане размеры 1×1 м, высота камер 2083 мм. Эти камеры предназначены для схем с установкой выключателей нагрузки ВНП-17, а также для схем с разъединителями и предохранителями. Камеры имеют инвентарные перегородки, которые вдвигают в направляющие после снятия патронов предохранителей ПК. Этим обеспечивается возможность безопасного осмотра, ревизии и ремонта выключателя нагрузки и его дугогасительной камеры. Камеры КРУ пригодны для транспортирования отдельными шкафами или группами из нескольких шкафов. В комплект КРУ входят: шкаф, токопроводы и другие составные части и детали. В комплект КРУ также должна входить документация: паспорт на группу шкафов или на каждый шкаф, техническое описание и инструкция по эксплуатации, электрические схемы главных и вспомогательных цепей.

Комплектные камеры серии КРУ2-10-20УЗ на 6 и 10 кВ выкатного типа (рис. 6.3) надежны и удобны в эксплуатации. Они имеют тележку, которая вместе с масляным выключателем может выкатываться из камеры. На тележке устанавливают также трансформаторы

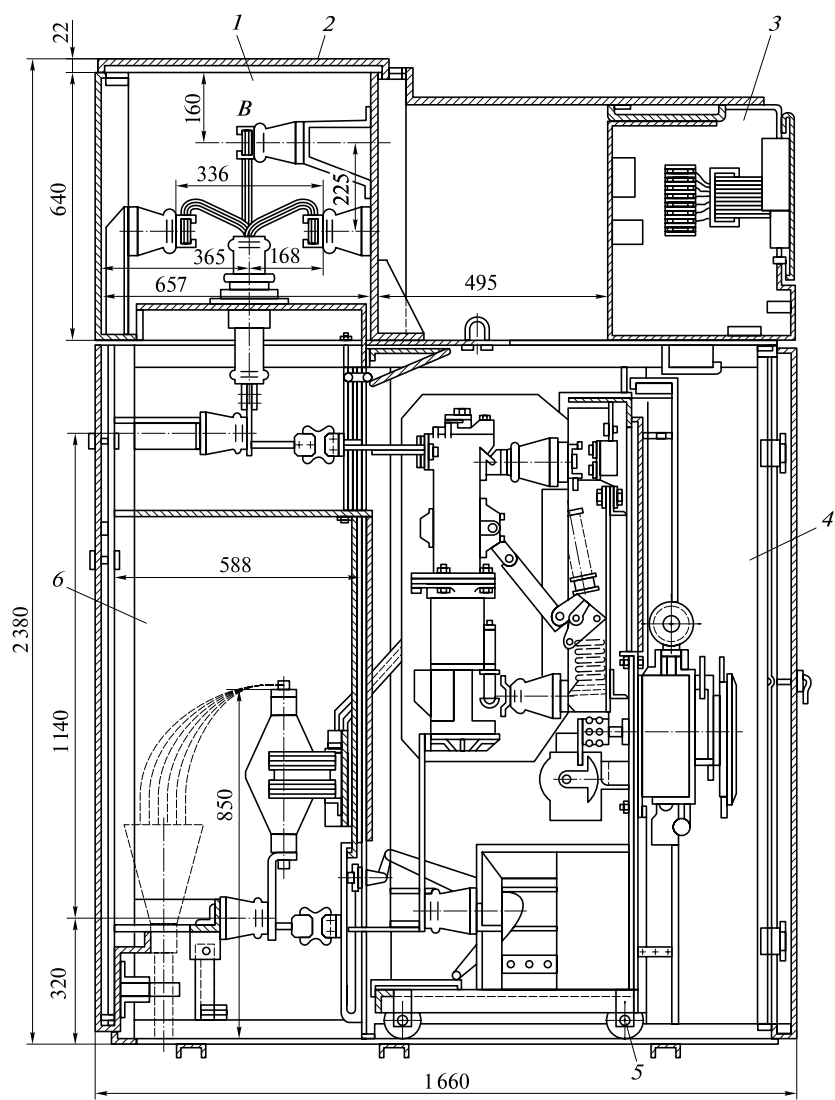


Рис. 6.3. Камеры выкатного типа КРУ2-10-20У3:
 1 — шинный отсек; 2 — съемная крышка; 3 — релейный шкаф; 4 — отсек привода масляного выключателя; 5 — тележка; 6 — отсек трансформаторов тока и кабельных разделок

с помощью штепсельных контактов. Сборные шины расположены для компактности треугольником, установлены на малогабаритных опорных изоляторах и имеют изоляцию по всей длине для повышения надежности. Измерительные приборы и приборы управления,

релейной защиты и сигнализации расположены в верхней фасадной части камеры. В задней неподвижной части камеры расположены измерительные трансформаторы тока и кабельные вводы.

Взамен КРУ серии КРУ2-10-20 выпускаются новые КРУ серии КМ-1ф (К — комплектное РУ, М — малогабаритное, ф — с фарфоровой изоляцией внутри шкафа), а также шкафы серии КР-10/31,5. В шкафах серии КМ-1ф применены схемы вспомогательных цепей на постоянном, выпрямленном и переменном оперативном токе. В КРУ устанавливаются маслонасыщенные выключатели типа ВК-10 с встроенным пружинным приводом и выключатели типа ВКЭ-10 с электромагнитным приводом, более надежным, чем пружинный привод.

В последнее время освоено производство шкафов серии КВ-1 и КВ-3 с вакуумными выключателями (ВВ) на ток отключения 20 кА (КВ-1) и 31,5 кА (КВ-3). Выключатели имеют электромагнитный или пружинный привод, КРУ этой серии унифицированы по габаритным размерам и сборным шинам со шкафами серии КМ-1ф, схемы вторичных цепей такие же, как в КМ-1ф.

С электромагнитными выключателями ВЭ-10 изготавливаются шкафы серий КЭ-10/20 и КЭ-10/31,5, предназначенные для работы в промышленных электроустановках с частыми коммутационными операциями. Они имеют полностью изолированные шины, что обеспечивает их повышенную надежность. Отечественные заводы изготавливают КРУ многих серий:

- К и КМ — с маломасляными выключателями внутренней установки;
- К и КЭ — с электромагнитными выключателями внутренней установки;
- К и КРН — с маломасляными выключателями наружной установки.

6.2. Высоковольтное оборудование КРУ и подстанций

Высоковольтные выключатели являются основным аппаратом, применяемым в комплектных распределительных устройствах. Выключатели в КРУ подразделяются:

- по принципу гашения электрической дуги — на маломасляные, электромагнитные, вакуумные и элегазовые (табл. 6.1);
- по виду привода — с двигательным приводом зависимого (прямого) действия (электромагнитным, электродвигательным), непосредственно использующим электроэнергию тока; с двигательным приводом независимого (косвенного) действия, использующим энергию, запасенную в приводе до совершения операции; пружинным, с запасаемой энергией предварительно заведенных пружин; пневматическим или пневмогидравлическим.

Таблица 6.1

Тип выключателя	Конструкция	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Предельный отключаемый ток, кА	Полное время отключения, с	Тип привода	Масса, кг	
							выключателя	масла
ВМПЭ-10	Маломасляный	10	630, 1 000, 1 600	20; 31,5	0,11	Электромагнитный	200	5,5
ВМПЭ-10	»	10	3 150	31,5	0,11	»	400	8,0
ВК-10, ВКЭ-М-10	»	10	630, 1 000, 1 600	20; 31,5	0,07	Пружинный	179	12
ВК-10, ВКЭ-М-10	»	10	2 000, 3 150	20; 31,5	0,07	»	244	16
ВЭ-10	Электромагнитный	10	1 250; 1 600, 2 500, 3 600	20; 31,5	0,07	Электромагнитный	606	—
ВЭ-6, ВЭС-6	»	6; 6,6	1 600, 2 000, 3 150	40	0,065	»	606	—
ВВЭ-10	Вакуумный	10	630, 1 000, 1 600	20; 31,5	0,075	»	135	—
ВВТЭ-10, ВВТП-10	»	10	630	20	0,075	»	150	—
ВВВ-10	»	10	320	2	0,08	»	—	—
ЯЭ-110	Элегазовый	110	2 000	40	0,04	Пневматический	—	—
ЯЭ-220	»	220	2 000	40	0,04	»	—	—

Все выключатели, применяемые в КРУ последних конструкций, имеют встроенные приводы, являющиеся неотъемлемой, конструктивно не выделенной частью выключателя.

В отечественной промышленности до настоящего времени в КРУ с номинальным напряжением 6 и 10 кВ наибольшее применение нашли малообъемные масляные выключатели. Принцип работы маломасляного выключателя основан на гашении электрической дуги, возникающей при размыкании контактов, потоком газомасляной смеси, которая образуется при интенсивном разложении трансформаторного масла под действием высокой температуры электрической дуги. К таким выключателям относится маломасляный выключатель серии ВМПЭ-10 на номинальный ток до 1 600 А со встроенным электромагнитным приводом.

Оперативное включение выключателя происходит за счет энергии включающего электромагнита, а отключение — за счет энергии отключающих пружин и пружинного буфера, которые срабатывают при воздействии отключающего электромагнита или кнопки ручного отключения на защелку привода, удерживающую выключатель во включенном положении.

Выключатель смонтирован на сварной раме (рис. 6.4), которая своим основанием устанавливается на выдвижном элементе и крепится к нему болтами. К раме подвешены три полюса, каждый на двух изоляторах; в раму встроен электромагнитный привод. К низу рамы прикреплен контактор постоянного тока, предназначенный для управления силовой цепью электромагнита включения привода выключателя; внизу на раме установлен болт заземления. Рама выключателя с фасада закрыта металлической крышкой с окнами, через которые можно наблюдать за уровнем масла в полюсах и указателем положения выключателя и управлять механизмом вкатывания. Выключатель серии ВМПЭ-10 на номинальный ток 3 150 А предназначен для укомплектования шкафов КРУ ввода и секционирования. Потребляемый ток электромагнита включения — не более 300 А, масса выключателя без масла 400 кг, масса масла 8 кг.

Выключатель ВМПЭ-10-3150-31,5У3 (см. рис. 6.4) состоит из рамы и прикрепленных к ней на фарфоровых изоляторах трех полюсов. Токовый контур выключателя состоит из двух параллельных цепей: рабочей и дугогасительной. Ножи подвижных рабочих контактов каждого полюса установлены на поворотной траверсе и при включении выключателя замыкаются с неподвижными контактами, шунтируя изоляционный цилиндр полюса снаружи. Дугогасительные контакты при включении замыкаются раньше, а при отключении размыкаются позже рабочих контактов. Управляется выключатель электромагнитным приводом постоянного тока, встроенным в раму.

Маломасляный выключатель ВК-10 на номинальные токи до 1 600 А колонкового типа со встроенным пружинным приводом (рис. 6.5) имеет такие же технические данные, как и выключатель

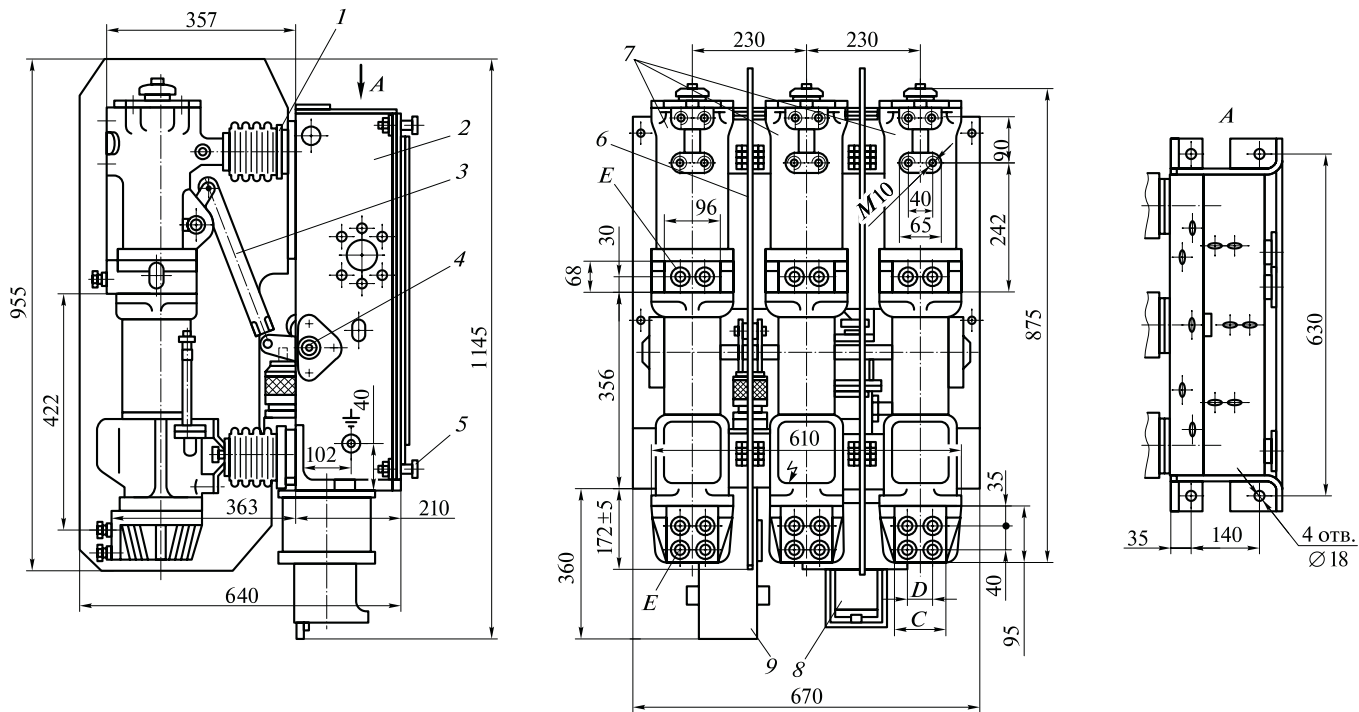
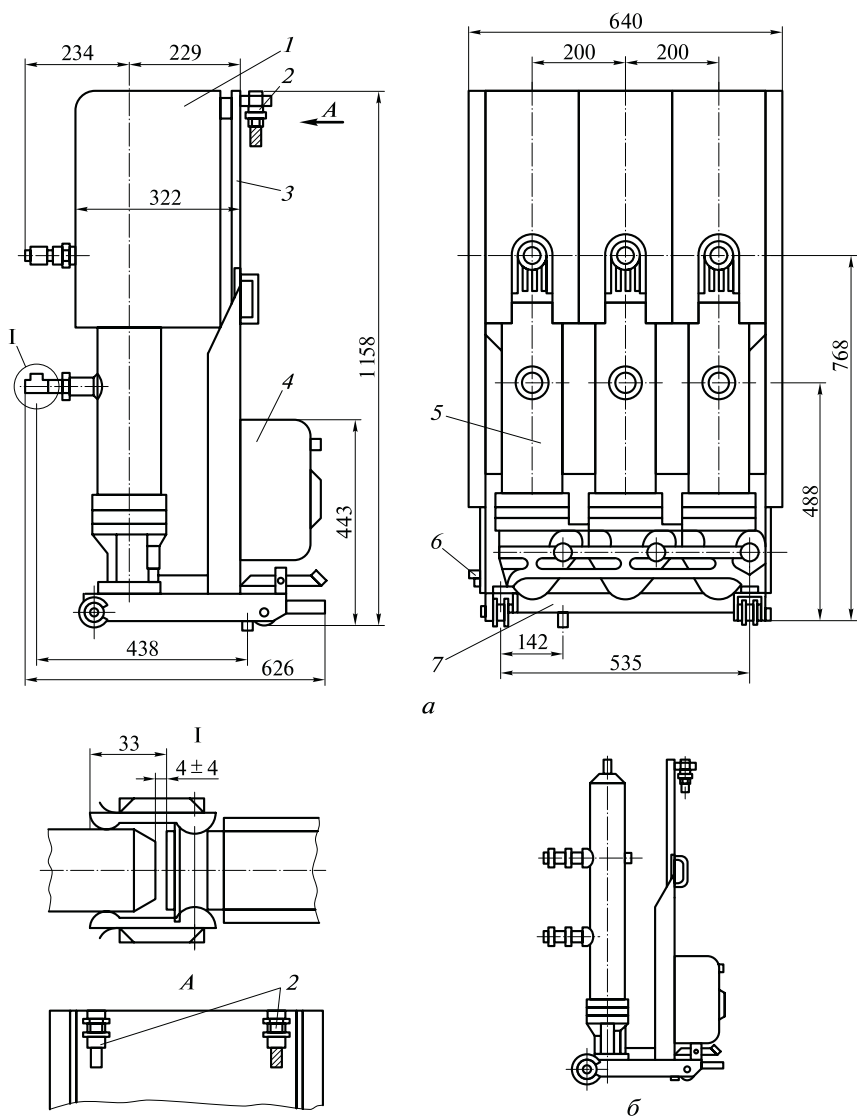


Рис. 6.4. Выключатель маломасляный ВМПЭ-10 до 1600 А:

1 — фарфоровый изолятор (по два на полюс); 2 — сварная рама; 3 — тяга; 4 — главный вал выключателя; 5 — болт опорный; 6 — изоляционная перегородка; 7 — полюсы; 8 — электромагнитный привод постоянного тока; 9 — контактор



a

б

Рис. 6.5. Выключатель маломасляный ВК 10(ВКЭ-М-10) до 1600 А:

a — на $I_{0,ном} = 31,5$ кА и $I_{ном} = 1600$ А; *б* — $I_{0,ном} = 20$ кА, $I_{ном} = 20$ кА, $I_{ном} = 630$ и 1000 А; 1 — кожух изоляционный; 2 — разъем штепсельный; 3 — перегородка фасадная; 4 — привод; 5 — полюс; 6 — пластина; 7 — основание

ВМПЭ-10 до 1600 А, но отличается от последнего меньшими быстродействием, массой и габаритами. Выключатели ВК-10 по конструкции в зависимости от номинального тока и номинального тока

отключения имеют отличия по исполнению полюсов. Выключатели на 630 и 1 000 А с номинальным током отключения 20 кА выполнены с полюсами в цельном изоляционном цилиндре, выключатели с номинальным током отключения 31,5 кА и номинальным током 1 600 А имеют в верхней части металлические ребристые корпуса, а снизу — полюса из изоляционного цилиндра. Выключатель управляется дистанционно или вручную двигательным пружинным приводом косвенного действия. Выключатель ВК-10 представляет собой конструкцию полностью собранного выдвижного элемента, применяемого в шкафах КРУ типа КМ-1. Выключатель состоит из сборного основания, трех полюсов, пружинного привода, фасадной перегородки, двух штепсельных разъемов по 20 цепей каждый.

Выключатели поставляются с устройствами блокировки, не позволяющими:

- выкатить во включенном положении выключатель из зафиксированного положения;
- вкатить в шкаф КРУ включенный выключатель из ремонтного положения в контрольное и из контрольного положения в рабочее;
- включить выключатель при нахождении выдвижного элемента в промежуточном положении (между контрольным и рабочим).

Маломасляный выключатель ВК-10 на номинальные токи 2 000 и 3 150 А колонкового типа со встроенным пружинным приводом предназначен для работы в шкафах КРУ ввода и секционирования. В зависимости от номинального тока выключатели имеют типоразмера ВК-10-31.5/2000У3 и ВК-10-31,5/3150У2 и различаются по конструкции только исполнением главного и дугогасящего токоведущего контуров. Выключатель в сборе представляет полностью выдвижной элемент шкафа КРУ. Принцип построения конструкции выключателя такой же, как у выключателя на 1 600 А, за исключением полюса.

Маломасляный выключатель ВКЭ-М-10 на номинальный ток до 1 600 А колонкового типа со встроенным электромагнитным приводом изготавливается взамен выключателя ВКЭ-10 и предназначен для установки в шкафах КРУ. Выключатель по основным техническим данным, конструкции и габаритно-установочным размерам унифицирован с выключателем ВК-10 на ток до 1 600 А за исключением встроенного электромагнитного привода постоянного тока, который незначительно отличается по габаритно-установочным размерам.

Рассмотренные масляные выключатели имеют ряд недостатков:

- ограниченное количество операций из-за небольшого количества масла, которое быстро загрязняется;
- взрыво- и пожароопасность аппаратов; трудность подогрева масла.

Выключатели с электромагнитным гашением дуги (электромагнитные выключатели) имеют преимущества перед малообъемными масляными выключателями:

- пожаро- и взрывобезопасные;
- гарантируют низкий уровень коммутационных перенапряжений;
- имеют меньшее обгорание контактов.

Принцип работы электромагнитных выключателей основан на гашении дуги в дугогасительной камере, содержащей пакет керамических пластин, в который дуга затягивается поперечным магнитным полем, возбуждаемым током дуги. Дуга под действием электродинамических сил контура тока и тепловых конвекционных потоков поднимается вверх и входит в дугогасительную камеру, постепенно увеличивая свое сопротивление.

Электромагнитный выключатель ВЭ-10 с пружинным приводом имеет одинаковое конструктивное исполнение для номинальных токов от 1 250 до 3 600 А, за исключением исполнения подвижного разъемного контакта главной цепи у выключателей на 3 600 А. Управление выключателем (дистанционное или вручную) осуществляется двигателем выносным пружинным приводом косвенного действия. По номинальным токам 1 250, 1 600, 2 500 и 3 600 А и токам отключения 20 и 31,5 кА выключатель имеет восемь типоразмеров, причем исходя из условий термической и электродинамической стойкости, а также в целях унификации типоразмеров выключателя на 1 250 А обеспечивают применение их при номинальном токе шкафов КРУ на 630 и 1 000 А.

Электромагнитные выключатели ВЭ-6 и ВЭС-6 имеют то же назначение и устройство, что и выключатели ВЭ-10, но несколько повышенные значения параметров и в основном рассчитаны на применение в КРУ собственных нужд тепловых и атомных электростанций, где номинальные токи отключения более 31,5 кА; кроме того, выключатели ВЭС-6 поставляются в сейсмостойком исполнении и рассчитаны на максимальное расчетное землетрясение 7 баллов по шкале Рихтера, на номинальное напряжение до 6,6 кВ переменного тока частотой 50 и 60 Гц.

Для работы в режиме АПВ выключатели не предназначены.

Выключатель сейсмостойкого исполнения ВЭС-6 отличается от выключателя ВЭ-6 тем, что его кожух и перегородки имеют дополнительное крепление на амортизаторах, обеспечивающих устойчивость дугогасительных камер при сейсмических воздействиях. Электромагнитные выключатели ВЭЭ-6 и ВЭЭС-6 имеют то же назначение и конструкцию, что и выключатели ВЭ-6 и ВЭС-6 и отличаются наличием встроенного электромагнитного привода, такого же, как у выключателя ВКЭ-М-10, вместо пружинного.

Теоретически и практически доказано, что самый простой способ гашения электрической дуги — в вакуумных выключателях, так как в вакуумных камерах практически отсутствует среда, проводящая электрический ток. В эксплуатации вакуумный выключатель также более прост, чем маломасляный и электромагнитный. Прекрасные

дугогасящие свойства глубокого вакуума позволили создать выключатели на напряжение 10 кВ, которые благодаря своим преимуществам постепенно вытесняют маломасляные и электромагнитные выключатели.

Преимущества применения вакуумных выключателей в КРУ:

- отсутствие необходимости в замене и пополнении дугогасящей среды и масляного хозяйства;
- высокая износостойкость при коммутации номинальных токов и токов КЗ;
- снижение эксплуатационных затрат, простота эксплуатации;
- быстрое восстановление электрической прочности — $(10 \dots 50) \cdot 10 \text{ В/мкс}$;
- полная взрыво- и пожаробезопасность;
- повышенная устойчивость к ударным и вибрационным нагрузкам;
- произвольное рабочее положение вакуумной дугогасительной камеры (ВДК) в конструкции выключателя;
- широкий диапазон температур окружающей среды, в котором может работать ВДК: от $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+200 \text{ }^\circ\text{C}$;
- бесшумность, чистота, удобство обслуживания, обусловленные малым выделением энергии в дуге и отсутствием внешних эффектов при отключении токов КЗ;
- отсутствие загрязнений окружающей среды;
- высокое быстродействие, применение для работы в любых циклах АПВ;
- сравнительно малые массы и габариты, небольшие динамические нагрузки на конструкцию при работе из-за относительно малой мощности привода;
- легкая замена ВДК.

К недостаткам можно отнести:

- возможные коммутационные перенапряжения при отключении малых индуктивных токов;
- трудности при создании и изготовлении, связанные с созданием контактных материалов, сложностью вакуумного производства, склонностью материалов контактов к сварке в условиях вакуума;
- большие вложения, необходимые для осуществления технологии производства, и поэтому большая стоимость.

Применяемые в вакуумных выключателях ВДК на напряжение 10 кВ с номинальным током отключения до 31,5 кА имеют зазоры между контактами 4... 10 мм и поэтому с его малыми габаритами легко достигаются высокие скорости и малые времена срабатывания. Погасание электрической дуги удается получить при первом же прохождении тока через нуль, т. е. через 0,02 с, однако при отключении относительно большого тока случается, что погасание дуги происходит не при первом, а при втором или третьем проходе тока через

нуль. Эрозия контактов под действием дуги незначительна, проблема ухудшения вакуума на протяжении длительного времени эксплуатации решена, а это значит, что срок службы вакуумных выключателей практически не ограничен, необходимость ревизий и ремонта на весь срок службы отсутствует, поэтому целиком и полностью зависит от работы встроенного в выключатель привода.

Вакуумный выключатель ВВЭ-10 с электромагнитным приводом рассчитан для работы в шкафах КРУ. Выключатель состоит из электромагнитного привода, полюсов, перегородки, кнопки ручного отключения, крышки, изоляционной тяги, блока сигнализации, контактора (рис. 6.6). Включение электромагнитного привода происходит за счет энергии включающего электромагнита, а отключение — за счет энергии отключающей пружины. Имеется блокировка против повторения операций включения и отключения.

Вакуумный выключатель ВВ-10-31,5 изготавливается на номинальный ток отключения 31,5 кА с номинальными токами от 630 до 3 150 А; имеет то же назначение и применение, что и выключатель ВВЭ-10 на ток до 1 600 А, отличается только установкой пружинного привода.

Вакуумные выключатели ВВТЭ-10-20/630УХЛ2 и ВВТП-10/20/630УХЛ2 предназначены для применения в КРУ экскаваторов, нефте-

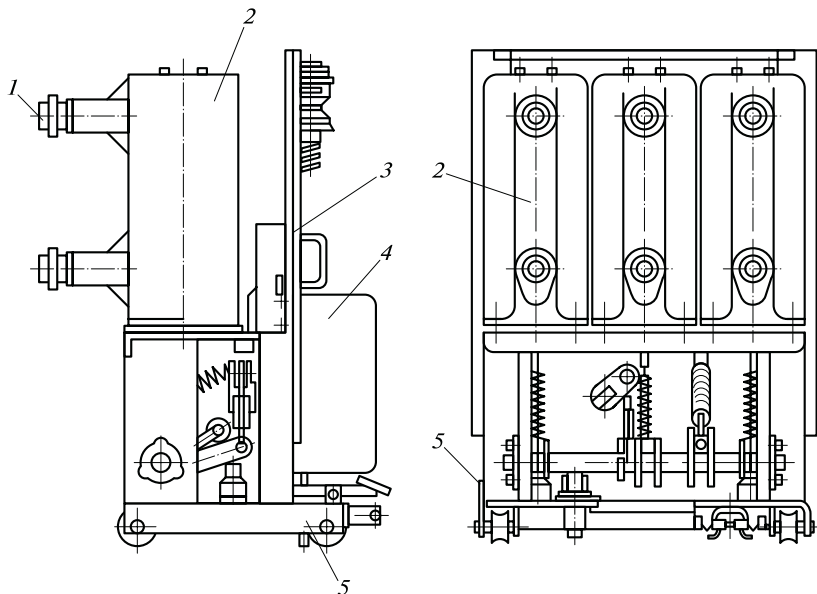


Рис. 6.6. Выключатель вакуумный ВВЭ-10:

1 — токоподвод; 2 — дугогасительное устройство полюса; 3 — фасадная панель; 4 — электромагнитный привод; 5 — основание (выкатная тележка)

буровых установок, передвижных электростанций и т. п. Технические данные аналогичны данным выключателя ВВЭ на ток отключения 20 кА, так как в нем установлена та же ВДК на 630 А. Выключатели рассчитаны на вибрационные нагрузки, многократные удары, рабочее положение выключателя только вертикальное, обеспечивает нормальную работу при крене и дифференте до 15°. Принцип работы выключателя такой же, как у выключателя ВВЭ-10.

Выключатели ВВТЭ-10-10 и ВВТП-10-10 рассчитаны на эксплуатацию при нижнем рабочем значении температуры –45 °С и нижнем предельном рабочем значении –50 °С. Выключатели имеют встроенный электромагнитный привод независимого действия постоянного тока, с магнитным удержанием во включенном положении. Технические характеристики выключателей в основном аналогичны характеристикам выключателей ВВТЭ-10-20 и ВВТП-10-20.

Вакуумный выключатель ВВВ-10-2/320У2 с навесным электромагнитным приводом прямого действия обеспечивает многократное быстродействующее АПВ, рассчитан на установку в шкафах КРУ.

При повышении номинальных токов отключения и номинальных напряжений потребовались новые дугогасительные среды, обладающие высокой электрической прочностью и дугогасительной способностью. Таким требованиям отвечает шестифтористая сера — электротехнический газ или элегаз. Элегаз — инертный газ плотностью в 5 раз больше плотности воздуха, электрическая прочность в два-три раза выше прочности воздуха.

Газ не стареет под действием электрической дуги, высокая диэлектрическая прочность элегаза обеспечивает требуемую степень изоляции при минимальных расстояниях. Хорошая способность гашения дуги элегаза позволяет иметь высокую отключающую способность коммутационного электрооборудования, его хорошая способность охлаждения обеспечивает уменьшение нагрева токоведущих частей.

Широкому распространению элегазовых выключателей, особенно в КРУ на напряжения 110 и 220 кВ, способствовали их достоинства:

- поставка выполняется полностью собранными элементами, что значительно упрощает и сокращает срок монтажа; взрыво- и пожаробезопасность;
- малые габариты, что уменьшает требуемую площадь под оборудование в 10 раз;
- увеличение межремонтных сроков до 10 лет;
- высокая надежность;
- полная автоматизация обслуживания;
- возможность эксплуатации в неблагоприятных атмосферных условиях;
- полная биологическая безопасность для окружающей среды.

Их применение целесообразно на подстанциях, сооружаемых в крупных городах в стесненных условиях, на крупных предприятиях,

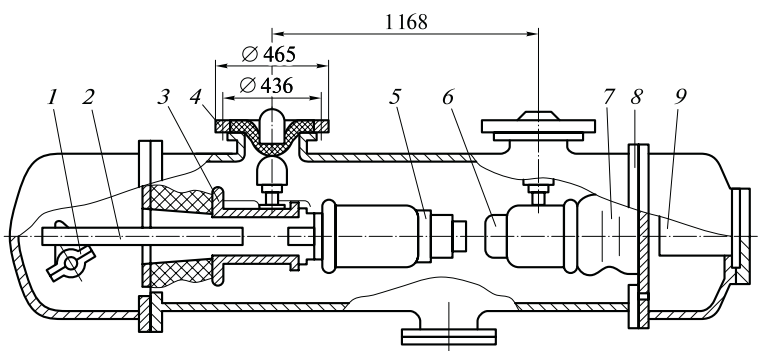


Рис. 6.7. Полос элегазового выключателя на 100 кВ:

1 — вал; 2 — тяга изоляционная; 3 — экран; 4 — изолятор дисковый; 5, 6 — подвижный и неподвижный контакты; 7 — изолятор опорный; 8 — кожух; 9 — фильтр-поглотитель

для которых характерно сильное загрязнение атмосферы, в труднодоступных районах. Элегазовые выключатели на напряжения 110 и 220 кВ отдельно не изготавливаются, а входят в объем поставки КРУ на эти напряжения в виде отдельных элементов в полностью собранном виде.

Элегазовые выключатели для КРУЭ напряжением 110 кВ типа ЯЭ-110 и напряжением 220 кВ типа ЯЭ-220 (рис. 6.7 и 6.8) с пневматическим приводом размещаются в герметизированных заземленных алюминиевых кожухах с проходными дисковыми изоляторами для электрического соединения их между собой, заполненных элегазом при давлении 4...6 кг/см². Каждый кожух выключателя снабжен вентилем и трубами, подсоединенными к шкафу контроля давления (ШКД). Герметизированные кожухи каждой фазы выключателя, имеющие одинаковое давление, соединены между собой, вместе

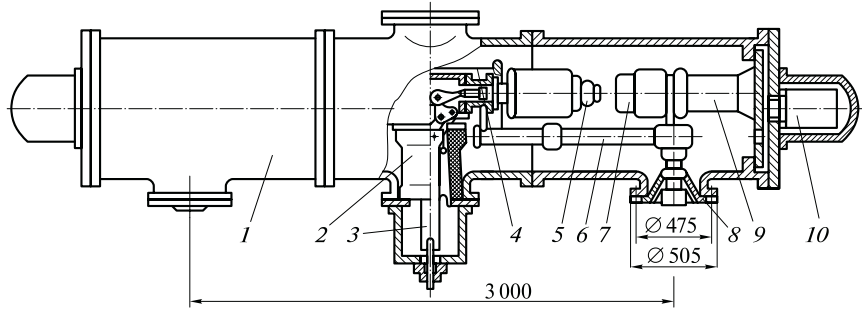


Рис. 6.8. Полос элегазового выключателя на 220 кВ:

1 — кожух; 2, 9 — изолятор опорный; 3 — тяга изоляционная; 4 — экран; 5, 7 — подвижный и неподвижный контакты; 6 — конденсатор; 8 — изолятор дисковый; 10 — фильтр-поглотитель

присоединены к своему входному вентилю и имеют отдельный контролирующий давление моновакуумметр, расположенный в ШКД. Элегазовые выключатели расположены горизонтально.

В КРУ напряжением 110 кВ выключатель находится в нижней части каждого полюса и на нем устанавливают все элементы полюса; в КРУ 220 кВ — в верхней части полюса, а все остальные элементы полюса расположены под ним. Соединение подвижного и неподвижного контактов с токоведущими частями других элементов ячейки осуществляется специальными контактами, закрепленными на дисковых изоляторах. Выключатель на 110 кВ имеет один разрыв на полюс, на 220 кВ — несколько разрывов на полюс.

Оперирование элегазовых выключателем осуществляется пневматическим приводом двустороннего действия. Привод имеет механический указатель положения и контакты вспомогательных цепей. Ручное отключение элегазового выключателя не предусмотрено. Технические данные выключателей приведены в табл. 6.1. Коммутационный ресурс элегазовых выключателей в 2—3 раза выше, чем маломасляных; утечка элегаза из корпусов выключателя не превышает 3 % в год, до заполнения элегаза возможно без снятия напряжения.

В КРУ, изготавливаемых в зарубежных странах, в настоящее время применяются маломасляные, электромагнитные, вакуумные и элегазовые выключатели. В производстве маломасляных выключателей для КРУ напряжением 6—35 кВ в мире наблюдается тенденция к сокращению объема их выпуска. Так, по данным фирмы «Сименс» (ФРГ) объем выпуска выключателей на эти напряжения в последние годы составил всего 10 % общего объема производства, по данным фирмы «Саче» (Италия) — 30 %. Для повышения конкурентоспособности маломасляных выключателей для КРУ по сравнению с элегазовыми и вакуумными фирмы занимаются их совершенствованием. Фирма «Сименс» довела механический ресурс маломасляных выключателей до 10 тыс. операций. Главным достоинством маломасляных выключателей является их низкая стоимость. Основная часть выпускаемых в настоящее время выключателей — вакуумные и элегазовые.

Разъединители предназначены для создания видимого разрыва в силовых цепях напряжением свыше 1 кВ. Включение и отключение разъединителями токов нагрузки не допускается, ими разрешается производить отключение и включение тока холостого хода трансформатора и зарядного тока воздушных и кабельных линий.

Разъединители для внутренней установки (рис. 6.9) на 10 кВ трехполюсные типа РВ изготавливаются на ток 400, 630 и 1 000 А, однополюсные РВК — на 2 000 А, РВР — на 2 500, 4 000, 6 300 и 8 000 А.

Разъединители РВФ имеют проходные изоляторы с одной или обеих сторон, что обеспечивает возможность установки разъединителей с одновременным использованием их проходных изоляторов для вывода токоведущих шин из одного помещения в другое. Разъединители наружной установки типа РЛНД-35 (рис. 6.10) поступают

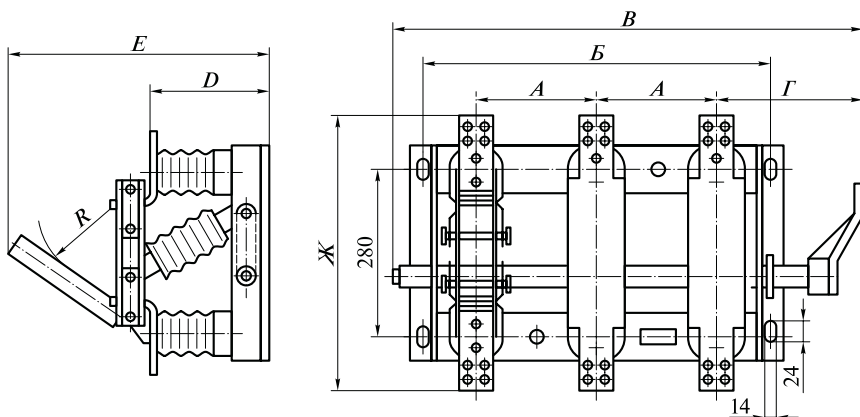


Рис. 6.9. Трехполюсный разъединитель 10 кВ для внутренней установки типа РВ

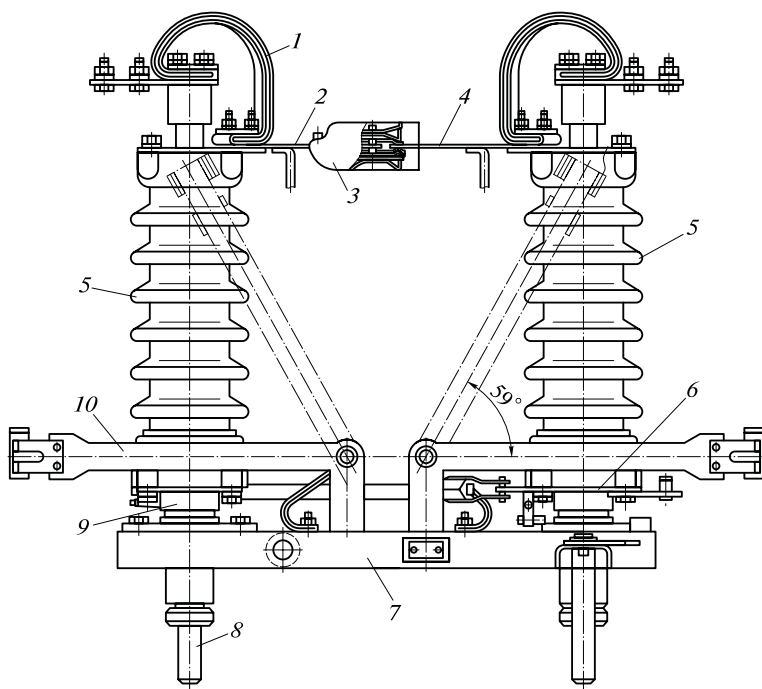


Рис. 6.10. Общий вид разъединителя типа РЛНД-35:

1 — гибкая связь; 2 — полунож с пластинчатыми контактами; 3 — кожух контакта; 4 — полунож без пластинчатых контактов; 5 — поворотный изолятор; 6 — рычаг вала; 7 — основание; 8 — вал; 9 — подшипник; 10 — заземляющий нож

с завода отдельными полюсами в собранном виде; полюса разъединителей соединяют тягами из стальных труб, вал ведущего полюса соединяют с приводом.

Привод разъединителя — это аппарат, с помощью которого производят включение и отключение разъединителя. Обычно применяют ручные приводы типа ПР-3, ПРН-10М.

Выключатели нагрузки широко применяются на трансформаторных подстанциях с трансформаторами мощностью до 1 000 кВА. Конструкция выключателей нагрузки имеет сходство с разъединителями и отличается наличием пластмассовых дугогасительных камер на каждом полюсе. Внутри дугогасительной камеры содержится газогенерирующий вкладыш из органического стекла, который под действием высокой температуры дуги выделяет интенсивный поток газа, гасящий дугу.

Выключатели нагрузки применяют без компоновки с высоковольтными предохранителями — типа ВН-16, с предохранителями на общей раме — типа ВНП-16, ВНП-17. Последние при перегорании одной из плавких вставок предохранителя отключают все три полюса. Выключатели нагрузки могут иметь пристроенные заземляющие ножи (ВНз и ВНПз). Управляются выключатели нагрузки приводами ПР-17 (ручное управление) и ПРА-17, который допускает автоматическое отключение с помощью электромагнита.

Выключатели нагрузки обеспечивают возможность отключения как токов нагрузки (вручную приводом), так и аварийных токов КЗ — предохранителем.

Предохранители служат для защиты электроустановок небольшой мощности от токов КЗ. На подстанциях преимущественно применяются предохранители типа ПК с заполнением кварцевым песком на напряжение 6, 10 и 35 кВ. Модификации предохранителей: ПК — силовой, ПСН — наружной установки, ПКТ — для защиты трансформаторов напряжения. Предохранители применяют для защиты силовых цепей обычно в сочетании с выключателем нагрузки или разъединителем.

Предохранители ПК срабатывают очень быстро и бесшумно; поэтому для быстрого отыскания перегоревшего патрона имеется указатель срабатывания, выдвигающийся из торца нижнего колпачка патрона при перегорании вставки. Для наружной установки применяют стреляющие предохранители ПСН, у которых при перегорании плавкой вставки патрон с силой выбрасывается из держателя, предотвращая возможность возникновения дуги.

Измерительные трансформаторы для КРУ напряжением 6—220 кВ предназначены для уменьшения первичных токов и напряжений до вторичных значений, наиболее удобных для подключения измерительных приборов, реле защиты, устройств автоматики, управления, сигнализации. Применение измерительных трансформаторов обеспечивает безопасность работающих, так как цепи высшего

и низшего напряжений разделены, а также позволяет унифицировать конструкцию приборов и реле.

У трансформаторов тока (ТТ) первичная обмотка включается в электрическую цепь последовательно (в рассечку токопровода), а вторичная замыкается на некоторую нагрузку (измерительные приборы и реле), обеспечивая в ней ток, пропорциональный току в первичной обмотке. В ТТ высокого напряжения первичная обмотка изолирована от вторичной (от земли) на полное рабочее напряжение. Один конец рабочей вторичной обмотки обычно заземляется, поэтому она имеет потенциал, близкий к потенциалу земли.

По конструкции ТТ для КРУ подразделяются:

- по способу установки — опорные, устанавливаемые на опорной плоскости и проходные, используемые в качестве вводов, изоляторов, разделяющих одновременно отсеки шкафа КРУ;
- по выполнению первичной обмотки — одновитковые (например, ТПОЛ) и многовитковые (например, ТЛМ, ТОЛ, ТПЛ);
- по назначению вторичных обмоток — для измерения, для защиты, для измерения и защиты;
- по числу коэффициентов трансформации — с одним коэффициентом, с несколькими коэффициентами трансформации, получаемыми изменением числа витков первичной и вторичной обмотки или обеих обмоток, либо применением нескольких вторичных обмоток с различным числом витков, соответствующих различным номинальным токам.

Трансформаторы тока характеризуются номинальным током: первичным, близким к рабочему, расчетному току шкафа КРУ и номинальным вторичным током, который в КРУ напряжением 6—10 кВ принимается равным 5 А, а в КРУ напряжением 10 и 220 кВ — 1 А. Отношение номинального первичного тока к номинальному вторичному току представляет собой коэффициент трансформации трансформаторов тока.

В КРУ применяются ТТ с изоляцией из эпоксидных компаундов, образующих изоляционный блок, в котором залиты первичная и вторичная обмотки, а в некоторых конструкциях залит и магнитопровод. Типы и основные технические характеристики ТТ напряжением до 10 кВ, применяемые в КРУ, приведены в табл. 6.2 и на рис. 6.11.

Новая конструкция трансформатора тока типа ТЛК-10 взамен ТОЛ-10 имеет несколько уменьшенные габариты, но зато имеются два исполнения по выводам вторичных обмоток: для двух- и одно-стороннего обслуживания КРУ.

Трансформаторы тока в ячейках на 110 и 220 кВ устанавливаются в элементах КРУЭ, заполненных элегазом, по обе стороны элегазового выключателя, т.е. по два ТТ на каждый полюс ячейки КРУЭ. Первичной обмоткой служит токоведущий стержень, концы которого входят в розеточные контакты элементов полюса, соединяющихся с ТТ. В каждом ТТ имеются по две вторичные обмотки, которые име-

Таблица 6.2

Тип ТТ	Обозначение КРУ	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$I_{\text{дин}}, \text{кА}$	$I_{\text{т}}, \text{кА (3с)}$	Масса, кг
ТОЛ-10	К-104, КМ-1, КМ-1Ф, К-47, К-49	50, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1 000, 1 500	17,6; 52; 100	2,45; 4,85—8,75; 16; 20; 31,5	25
ТЛ-10-1	КЭ-10	50—200, 300, 400, 600, 800—3 000	51, 81	2,5—10; 15; 31,5	47
ТЛЮ-11	КЭ-6	300, 400, 630, 800—3 000	128	20; 31,5; 40	47
ТЛМ-10-1	К-XXVI	50, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1 000, 1 500	17,6—52; 100; 100	2,8—10,1; 18,4; 23; 26	27
ТПЛК-10	КР-10/31,5	10—50, 100—400, 600, 800, 1 000, 1 500	2,47—14,8; 74,5; 74,5	0,47—2,36; 4,72—18,9; 28,3—70,8	47
ТПЛ-10	К-108, КРУ2-10-20	5—200, 300, 400	45*; 45*	250*, 175*	16
ТПОЛ-10	КРУ2-10-20	600, 800, 1 000, 1 500	48,6—67,5	18—32	18
ТЛШ-10	К-XXУП КМ-1 КР-0/31,5 КМ-1Ф	2 000, 3 000	81	31,5	26, 30

* Приведена кратность стойкости.

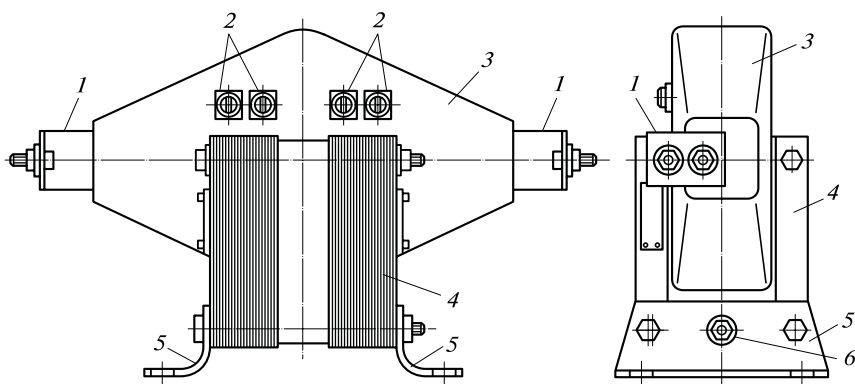


Рис. 6.11. Трансформатор тока ТПЛ-10:

1, 2 — выводы соответственно первичной и вторичных обмоток; 3 — литая изоляция; 4 — сердечник; 5 — основание из стальных угольников; 6 — болт заземления

ют по несколько ответвлений, позволяющих получить вторичный ток 1 А при трех значениях первичного тока. Концы вторичных обмоток выведены на контактные зажимы. Полость ТТ заполняется элегазом одновременно с ячейкой КРУЭ.

Элегаз в ТТ является изолирующей средой между первичной и вторичной обмотками ТТ. Технические характеристики трансформаторов тока приведены в табл. 6.3.

У **трансформаторов напряжения (ТН)** первичная обмотка включается в цепь высокого напряжения параллельно, она изолируется от вторичной обмотки соответственно классу напряжения установки на полное рабочее напряжение. Для безопасности обслуживания один вывод вторичной обмотки обязательно заземляется. Таким образом, ТН изолирует измерительные приборы и реле от цепи вы-

Таблица 6.3

Параметр	Значение параметра при $U_{ном}$, кВ	
	110	220
Номинальный первичный ток, А	600; 800; 1 200	600; 800; 1 200
Наибольший рабочий первичный ток, А	630; 800; 1 250	630; 800; 1 250
Наибольшая предельная кратность тока каждой вторичной обмотки	15; 20; 34	15; 20; 34
Номинальный вторичный ток, А	1	1
Номинальная вторичная нагрузка каждой вторичной обмотки, В·А	40	50

сокого напряжения и делает безопасным их обслуживание. Обычно за номинальное вторичное напряжение принято напряжение 100 или $100/\sqrt{3}$ В. Это позволяет для измерения любого высокого напряжения применять одни и те же стандартные реле защиты, измерительные приборы, приборы автоматики и сигнализации.

Конструктивно ТН для КРУ подразделяются:

- по числу обмоток — двух- или трехобмоточные;
- числу фаз — одно и трехфазные (рис. 6.12);
- способу охлаждения — сухие (с естественным воздушным охлаждением) и масляные (с естественным масляным охлаждением). Трансформаторы напряжения характеризуются:
- номинальным напряжением — первичным напряжением — самым высоким из стандартных напряжений (линейное), при котором должен работать ТН. Кроме того, ТН должен неограниченно долго работать и при напряжении, превышающем номинальное значение от 5 до 20 %, это напряжение называется наибольшим рабочим напряжением;
- вторичным напряжением — напряжением, на которое рассчитаны приборы, присоединяемые ко вторичной обмотке. Номинальные напряжения основных вторичных обмоток должны быть 100 В для однофазных ТН, включаемых на напряжение между фазами и $100/\sqrt{3}$ В для однофазных ТН, включаемых на напряжение между фазой и землей;
- номинальным коэффициентом трансформации, равным отношению первичного и вторичного номинальных напряжений. Шкалы измерительных приборов, присоединяемых ко вторичной обмотке ТН, градуируются в значениях первичного напряжения.

Трансформаторы напряжения, применяемые в КРУ напряжением до 10 кВ, предназначены для включения в электрические сети с изолированной нейтралью,

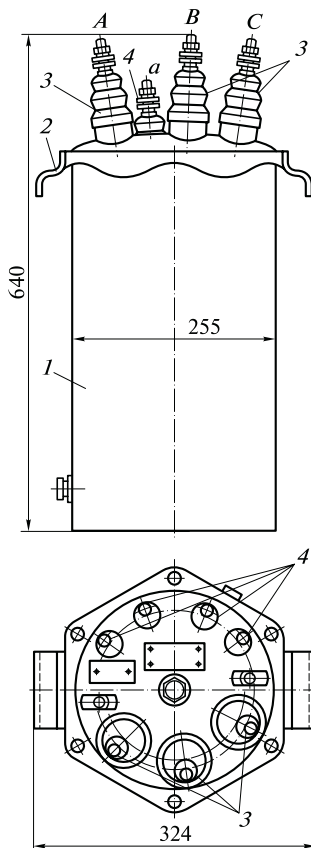


Рис. 6.12. Трехфазный трехстержневой трансформатор напряжения ИТМК-6 с масляной изоляцией:

1 — бак; 2 — крышка; 3 — вводы ВН; 4 — выводы НН

а на напряжение 110 и 220 кВ — для сетей с заземленной нейтралью. Обозначения ТН содержат буквенную часть, в которой буквы обозначают: Н — трансформатор напряжения; О — однофазный; Т — трехфазный; С — с естественным воздушным охлаждением (сухой); Л — с литой изоляцией; Г — с газовой изоляцией; М — с естественным масляным охлаждением; Ф — в фарфоровой крышке; 3 — с заземленным выводом первичной обмотки; И — с обмоткой для контроля изоляции.

В последнее время для замены трансформаторов серии НТМИ началось изготовление трансформаторов серии НАМИ-10 (А — антирезонансный). Этот трансформатор изготавливается на напряжение первичных обмоток 6 или 10 кВ и основных вторичных обмоток — 100 В. Трансформатор обеспечивает измерение трех линейных, трех фазных напряжений и напряжений нулевой последовательности. Трансформатор НАМИ имеет повышенную надежность и для обеспечения своей устойчивости не требует принятия каких-либо дополнительных мер со стороны потребителя.

Готовится к серийному производству новое поколение литых трансформаторов напряжения типов НОЭЛ-6, НОЭЛ-10 взамен НОЛ-08 и типов ЗНОЭ-6 и ЗНОЭЛ-10 взамен ЗНОЛ-6. Новые трансформаторы имеют незначительные отличия по габаритам, но рассчитаны на большую максимальную мощность и номинальные мощности при различных классах точности.

В ячейках напряжением 110 и 220 кВ применяются элегазовые ТН типа ЗНОГ (заземляемый однофазный, с газовой изоляцией). Полость ТН через вентиль заполнена элегазом с рабочим давлением 400 кПа. В ячейках КРУЭ трансформатор напряжения герметично присоединяется к элегазовым элементам и может устанавливаться вертикально или горизонтально.

Силовые трансформаторы предназначены для повышения и понижения напряжения переменного тока. Они могут быть трехфазными и однофазными, двухобмоточными и трехобмоточными. У двухобмоточных трансформаторов имеются обмотки высокого (ВН) и низкого (НН) напряжений, у трехобмоточных есть еще третья обмотка — среднего напряжения (СН). Силовые трансформаторы изготавливаются с масляным охлаждением или с негорючим жидким диэлектриком, с защитой охладителя при помощи азотной подушки над поверхностью охлаждающей жидкости; для КТП изготавливаются сухие трехфазные силовые трансформаторы мощностью до 1 600 кВА.

Освоено производство новой серии масляных трансформаторов мощностью до 630 кВА на напряжение до 35 кВ типов ТМГ и ТМВГ, у которых бак герметизирован, что исключает контакт внутреннего объема трансформатора с окружающей средой. Трансформаторы заполнены маслом до крышки, температурные колебания объема масла компенсируются за счет изменения объема бака с гофрированными

стенками. Из конструкции бака исключены маслорасширитель, термосифонный и воздушный фильтры и радиаторы охлаждения. Прошла проверку опытно-промышленная партия сухих трансформаторов для КТП с литой эпоксидной изоляцией обмотки ВН. Объем производства литых трансформаторов будет увеличен для обеспечения замены совтоловых трансформаторов. В дальнейшем планируется замена совтола экологически безопасной жидкостью. Осваивается серийное производство новой серии трансформаторов мощностью до 1 000 кВА на 6—10 кВ с витым пространственным магнитопроводом, что отвечает высшему мировому техническому уровню.

6.3. Монтаж распределительных устройств и подстанций

Монтаж распределительных устройств и подстанций начинается с приемки от строителей по акту помещения РУ или территории подстанции под монтаж.

В электропомещениях (щитовых, пультовых, подстанциях и распределительных устройствах, машинных залах, кабельных тоннелях и каналах, кабельных полуэтажах) должны быть:

- выполнены чистые полы с необходимым уклоном и гидроизоляцией и отделочные работы (штукатурные и окрасочные);
- установлены закладные детали и оставлены монтажные проемы;
- смонтированы предусмотренные проектом грузоподъемные и грузоперемещающие механизмы и устройства;
- подготовлены блоки труб, отверстия и проемы для прохода труб и кабелей, борозды, ниши и гнезда;
- выполнен подвод питания для временного освещения во всех помещениях.

В зданиях должны работать системы отопления и вентиляции, должны быть смонтированы и испытаны мостики, площадки и конструкции подвесных потолков, предусмотренные проектом для монтажа и обслуживания электроосветительных установок, расположенных на высоте; проложены снаружи и внутри зданий асбоцементные трубы и трубные блоки для прохода кабелей.

На ОРУ напряжением 35 кВ и выше строительная организация должна закончить сооружение подъездных путей, подходов и подъездов, должны быть установлены шинные и линейные порталы, сооружены фундаменты под электрооборудование, кабельные каналы с перекрытием, ограждения вокруг ОРУ, подземные коммуникации и закончена планировка территории. В конструкциях порталов и фундаментов под оборудование должны быть установлены закладные части и крепежные детали, необходимые для крепления гирлянд изоляторов и оборудования. В кабельных каналах и тоннелях должны быть установлены закладные детали для крепления кабельных кон-

струкций и воздухопроводов. Должно быть закончено сооружение водопровода и других противопожарных устройств.

Монтаж комплектных распределительных устройств, камер КСО и КТП. Начинается монтаж с приемки этого оборудования от заказчика, проверки его комплектности, наличия технической документации предприятия-изготовителя (паспорта, технического описания и инструкции по эксплуатации, электрических схем главных и вспомогательных цепей). На рабочее место КРУ, КСО и КТП устанавливают на основания, закладные части, опорные рамы, выверенные по уровню на проектной отметке; КТП можно устанавливать непосредственно на бетонном полу без крепления. Установку камер производят в соответствии со схемой заполнения, на которой указывают взаимное расположение камер и схему соединений всего РУ.

Работы по монтажу ведутся в две стадии.

На первой стадии монтажники контролируют правильность установки строителями закладных элементов, устанавливают конструкции для отдельно стоящих панелей и щитков, выполняют монтаж внутренней сети заземления, монтируют сеть общего освещения помещения РУ. Поверхность всех конструкций для установки камер должна быть в одной горизонтальной плоскости, стыки конструкций должны быть сварены с помощью накладок из полосовой стали для обеспечения непрерывности цепи заземления. Помещение РУ должно быть очищено от строительного мусора, высушено и приведено в состояние, при котором исключается возможность увлажнения монтируемого электрооборудования.

После приемки под монтаж строительной части помещения РУ приступают к монтажным работам второй стадии. Устанавливают камеры КРУ и КСО на рабочее место, каждую камеру КСО приваривают к закладным конструкциям по четырем углам, у камер КРУ приваривают к закладным конструкциям не менее, чем в двух местах каждый из трех опорных швеллеров. После окончания монтажа первичных цепей проверяют уровень масла в бачках выключателей, проверяют работу выключателей, разъединителей, вспомогательных и блокировочных устройств. Эта проверка производится в соответствии с требованиями инструкции предприятия-изготовителя.

Одновременно с работами по первичным цепям на второй стадии монтажных работ выполняют монтаж вторичных цепей:

- устанавливают приборы и аппараты защиты, управления, сигнализации, измерения и учета;
- прокладывают в коробе провода межкамерных соединений и производят их подсоединение;
- прокладывают, разделяют и подключают контрольные кабели, кабели питания оперативным током и кабели освещения.

Силовые кабели прокладывают в каналах в помещениях РУ или ТП после установки камер на место. В каналах кабели раскладывают в соответствии с кабельным журналом. После монтажа концевых

заделок у каждой заделки вешают маркировочную бирку с надписью в соответствии с кабельным журналом. Жилы кабелей, по которым может быть подано напряжение, подключают к РУ только после окончания всех монтажных работ и приемки РУ в эксплуатацию.

Перед сдачей в эксплуатацию восстанавливают поврежденную отделку камер, окрашивают дополнительно установленные монтажные изделия и конструкции и места сварок. На фасадах камер, а при наличии прохода позади камер и с задней стороны, выполняют четкие надписи в соответствии с проектом, где указывают наименование присоединений. У всех приводов выключателей и разъединителей делают надписи с указанием «Включено» и «Отключено». В камерах КСО рядом с приводами разъединителей завод-изготовитель выполняет надписи, поясняющие, к какому разъединителю относится данный привод. На фазах каждой секции шин РУ предусматриваются места для наложения переносного заземления. На дверях, выходящих из помещения РУ или ТП наружу или в другое помещение, с внешней стороны делают надписи с наименованием РУ или ТП и закрепляют стандартные металлические предупредительные плакаты «Высокое напряжение — опасно для жизни!».

Монтаж КТП выполняют аналогично монтажу КРУ. Сборка КТП включает в себя:

- соединение выводов трансформатора с РУ;
- установку автоматического выключателя на вводе низкого напряжения;
- выполнение заземления;
- подсоединение отходящих линий;
- подсоединение кабеля к трансформатору или шкафу ввода.

Распределительное устройство, состоящее из нескольких блоков, собирают поочередно.

Автоматические выключатели устанавливают в шкафы КТП после проверки их исправности и соответствия их технических данных указанным на схеме в проекте. Автоматические выключатели выдвижной конструкции вкатывают сначала вручную до упора роликов в опорные скобы, а затем с помощью рукоятки, вращаемой по часовой стрелке. Заземление выключателей выполняют специальными скользящими контактами. После установки автоматических выключателей укрепляют дугогасительные камеры и проверяют ход подвижных контактов.

Максимально возможное количество указанных работ второй стадии выполняют вне зоны монтажа в период строительства помещения КТП и в период монтажных работ первой стадии.

Монтаж силовых трансформаторов. Трансформаторы доставляют на место установки полностью собранными и подготовленными к включению в работу. Только в случаях, когда не позволяет грузоподъемность транспортных средств и стесненность габаритов, трансформаторы большой мощности доставляются со снятыми радиаторами, расширителем и выхлопной трубой.

Правила предусматривают, что все трансформаторы должны допускать включение их в эксплуатацию без осмотра активных частей, при условии транспортирования и хранения трансформаторов в соответствии с требованиями «Инструкции по транспортированию, хранению, монтажу и вводу в эксплуатацию без ревизии активных частей». Все операции по транспортировке и хранению силовых трансформаторов оформляются актами и протоколами:

- осмотра трансформатора и его демонтированных узлов после выгрузки и доставки к месту монтажа;
- хранения трансформатора до передачи в монтаж.

Подготовительные работы к монтажу трансформаторов включают в себя разгрузку и доставку трансформатора к месту ревизии и установки и, в случае необходимости, сушку обмоток и масла. Разгрузку трансформаторов выполняют помощью кранов, а при их отсутствии — с помощью домкратов, путем выкатки на предварительно сложенную из железнодорожных шпал клетку с использованием электрической или ручной лебедки.

Ревизию трансформаторов выполняют по инструкции завода-поставщика. Трансформаторы мощностью до 1 600 кВА напряжением до 35 кВ поступают с завода заполненными маслом с установленными на них расширителями. Трансформаторы мощностью более 1 600 кВА и напряжением 220 кВ поступают заполненными маслом, но без расширителя. Не более чем через 6 месяцев после отправки с завода должен быть установлен расширитель и долито масло. Перед доливкой масла трансформатор испытывают на электрическую прочность, проводят химический анализ, проверяют герметичность бака и снимают электрические изоляционные характеристики трансформатора.

Герметичность трансформаторов, поступивших с маслом, но без расширителя, проверяют давлением столба масла высотой 1,5 м или посредством установки на баке вертикальной трубы диаметром 25... 40 мм с резьбой и уплотняющей гайкой и избыточным давлением осушенного воздуха 15 кПа. Она будет удовлетворительной, если в течение 3 ч избыточное давление не становится ниже 13 кПа. Радиаторы перед навеской на бак трансформатора испытывают нагретым маслом или сухим воздухом при избыточном давлении 50 кПа в течение 30 мин, а затем промывают чистым трансформаторным маслом, нагретым до температуры 50... 60 °С.

Маслоохладительную систему с принудительной циркуляцией масла и водяным охлаждением перед монтажом очищают от грязи и ржавчины, промывают маслом и после сборки испытывают маслом при давлении масла 500 кПа в течение 30 мин, при этом же давлении испытывают водой задвижки водяной системы. Маслоохладительную систему с принудительной циркуляцией масла и обдувом воздуха после очистки секций также испытывают маслом при давлении 500 кПа в течение 30 мин, проверяя работу вентиляторов и масляного насоса.

Специальные трансформаторы подразделяются на герметизированные масляные, совтоловые и сухие. Герметизированные трансформаторы могут быть заполнены совтолом (ТНЗ) или трансформаторным маслом (ТМЗ, ТМУ). Такие трансформаторы устанавливаются без ревизий, проверяют лишь наличие герметичности по показаниям установленного на трансформаторе мановакуумметра, которые сверяют с паспортными данными; кроме того, отбирают пробы для испытания масла (или совтола) на пробивное напряжение.

Сухие трансформаторы до включения осматривают, проверяя надежность контактных соединений и прочих креплений. После проверки обмотки магнитопровод продувают сухим сжатым воздухом, затем измеряют сопротивление изоляции обмоток и стяжных шпилек; снижение изоляции против нормы не должно быть более 30 %. При неудовлетворительной изоляции сухой трансформатор подвергают сушке горячим воздухом от воздухоудовки или в вакуумном шкафу с обогревом обмотки током короткого замыкания при пониженном напряжении.

Условия включения без сушки трансформаторов мощностью до 1000 кВА на напряжение до 35 кВ, транспортируемых с маслом и расширителем:

а) проверка герметичности уплотнений. Уровень масла в расширителе находится: 1) в пределах отметок маслоуказателя; 2) ниже отметок маслоуказателя, но обмотки и переключатель ступеней напряжения перекрыты маслом;

б) отбор пробы масла и определение его пробивного напряжения: 1) пробивное напряжение масла не менее 25 кВ для трансформаторов до 15 кВ и не менее 30 кВ для трансформаторов до 35 кВ; 2) пробивное напряжение масла составляет соответственно 20 и 25 кВ;

в) измерение сопротивления обмоток трансформатора в масле (мегоомметром на 2,5 кВ): R15, R60 — при вращении ручки мегоомметра в течение 15 и 60 с. Отношение R60/R15 должно быть при температурах 10... 30 °С не менее 1,3.

г) дополнительное измерение емкости C обмоток в масле (с помощью прибора ПКВ), если хотя бы одно из трех условий а1, б1 и в не соблюдается: C2 — при частоте тока $f = 2$ Гц, C50 — при частоте $f = 50$ Гц. Значения C2/C50 должны удовлетворять нормам табл. 6.4;

Таблица 6.4

Мощность трансформатора, кВ·А	C2/C50, %, при температуре, °С		
	10	20	30
До 6 300 включительно	1,1	1,2	1,3
10 000 и более	1,05	1,15	1,25

Таблица 6.5

Мощность трансформатора, кВ·А	tg δ, %, при температуре, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
До 6 300 включительно	1,2	1,5	2	2,6	3,4	4,5	6
10 000 и выше	0,8	1	1,3	1,7	2,3	3	4

Примечание. Значения tg δ, указанные в таблице, относятся ко всем обмоткам данного трансформатора.

д) измерение тангенса угла диэлектрических потерь tg δ обмоток не удовлетворяет нормам. Значения tg δ должны соответствовать указанным в табл. 6.5.

Для включения трансформаторов 1 группы без сушки необходимо соблюдение одной из следующих четырех комбинаций условий:

- 1) a1, б1, в;
- 2) a2, б1, в, г (или д);
- 3) a1, б2, в, г (или д);
- 4) a1, б1, г (или д).

Для трансформаторов мощностью 10 000 кВА и более до 35 кВ включительно достаточно соблюдение одной из следующих трех комбинаций условий:

- 1) a1, б1;
- 2) a2, б1, г (или д);
- 3) a1, б2, г (или д).

Сушка трансформатора производится в баке без масла при отсутствии вакуума с естественной или принудительной вентиляцией и под вакуумом с подсосом воздуха. Применяют следующие методы сушки: индукционными потерями, токами нулевой последовательности, инфракрасным излучением вне бака, обдувом горячим воздухом в утепленном укрытии или сушильном шкафу. Самыми распространенными методами являются: метод обдува горячим воздухом без вакуума и метод сушки индукционными потерями в баке под вакуумом, при этом намагничивающую обмотку размещают на наружной поверхности бака. Для ускорения процесса сушки подогревают днище бака.

Сушку токами нулевой последовательности применяют для трансформаторов небольшой мощности (до 400 кВ·А). При этом способе вторичные обмотки трансформатора подключают к сети по одной из схем, приведенных на рис. 6.13. Поскольку обмотка высшего напряжения остается разомкнутой, должны быть приняты меры безопасности, так как на ней может появиться высокое напряжение. В результате воздействия одинаковых по значению и совпадающих по фазе магнитных потоков в меди и магнитопроводе будет выделяться теплота. Влага, испаряющаяся из изоляции, удаляется есте-

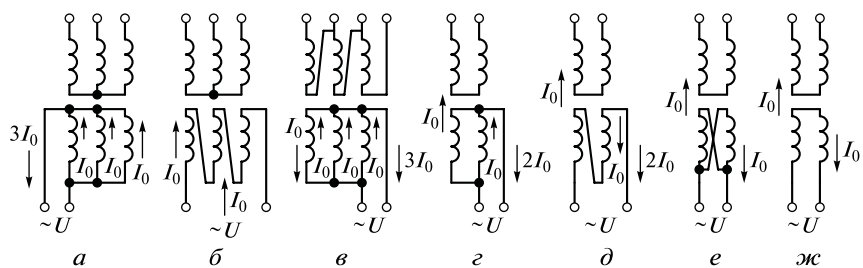


Рис. 6.13. Схемы сушки трансформаторов токами нулевой последовательности:

a — звезда — звезда с нулем; *б* — открытый треугольник; *в* — открытый треугольник — звезда с нулем; *г, д* — схема однофазного трансформатора с обмотками одного направления; *е, ж* — схема однофазного трансформатора с обмотками разных направлений

ственной вытяжкой через трубу, установленную на крышке. Данный способ отличается простотой, но не применяется при соединении вторичных обмоток в треугольник.

6.4. Монтаж токопроводов напряжением 6—35 кВ

В сетях промышленных предприятий для передачи мощности более 20 МВА при напряжении 6 кВ, более 25 МВА при напряжении 10 кВ и более 35 МВА при напряжении 35 кВ применяют токопроводы, обладающие преимуществом перед кабельными линиями. Преимущества токопроводов:

- замена дефицитных кабелей алюминиевыми шинами и неизолированными проводами;
- повышение надежности из-за отсутствия больших потоков кабелей и большого числа кабельных муфт;
- улучшение условий эксплуатации;
- облегчение условий наблюдения за электроустановкой и устранения неисправностей;
- значительное повышение способности токопровода к перегрузке при послеаварийных режимах;
- существенное снижение стоимости.

Токопровод — устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из неизолированных или изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций. В зависимости от вида проводников различают гибкие (с использованием проводов) и жесткие (с использованием жестких шин) токопроводы. Токопроводы прокладываются

открыто, в галереях, внутри зданий и сооружений. Открытую прокладку применяют во всех случаях, когда она возможна по условиям генерального плана объекта электроснабжения и окружающей среды.

Жесткие токопроводы изготовляют с различным расположением шин и профилей: корытообразный швеллер, двойное Т и круглая труба (рис. 6.14). Трехфазный токопровод внутренней установки напряжением 6—35 кВ с расположением шин в одной плоскости показан на рис. 6.14, а. Токопроводящий профиль — сваренные в короб два корытообразных швеллера (равнотолщинных, прямоугольных). Он может иметь и горизонтальное расположение шин.

В последнее время наибольшее распространение получили симметричные токопроводы, в которых фазные шины расположены по вершинам равностороннего треугольника. На рис. 6.14, б, в показаны симметричные подвесные токопроводы напряжением 6—10 кВ исполнения IP00 соответственно наружной и внутренней установки. Шины выполнены из круглых труб, крепление фазных шин между собой и подвеска токопровода осуществляется с помощью подвесных изоляторов.

На рис. 6.14, г показана конструкция симметричного токопровода внутренней установки с опорными изоляторами. Применяются также симметричные токопроводы открытой установки, подвеска которых к опорам осуществляется на подвесных изоляторах, а междуфазные распорки, устанавливаемые в пролете, выполнены из высокопрочных изоляторов ФШФ-6. Эти изоляторы изготовляют на базе подвесных ПФГ-6 (НС-2), армированных специальной арматурой. Расстояние между опорами открытых симметричных токопроводов с жесткими шинами составляет 14...20 м и определяется конструкцией токопровода, сечением шин и климатическими характеристиками района.

Широкое применение на промышленных предприятиях с повышенной влажностью и загрязненностью воздушной среды получили закрытые токопроводы заводского изготовления ТЗК напряжением 6—10 кВ на номинальный ток 3 200 А и пофазноэкранированные токопроводы ТЭН генераторного напряжения на номинальный ток до 3 150 А. Фаза токопровода ТЭН-10-5000 представляет собой коаксиальную систему, в которой токоведущая шина трубчатого профиля размерами 140×15 мм расположена внутри оболочки диаметром 450 мм.

Токопровод ТЗК выпускают двух типоразмеров — на ток 2 000 и 3 200 А, сечение шин соответственно 1 785 и 3 945 мм². С завода-изготовителя токопровод поступает секциями, которые в процессе монтажа соединяют сваркой. Собранный токопровод имеет герметичный корпус для защиты от пыли, атмосферных осадков и т.д.

Гибкий токопровод представляет собой симметричную линию, каждая фаза которой расщеплена на 4, 6, 8 и 10 неизолированных

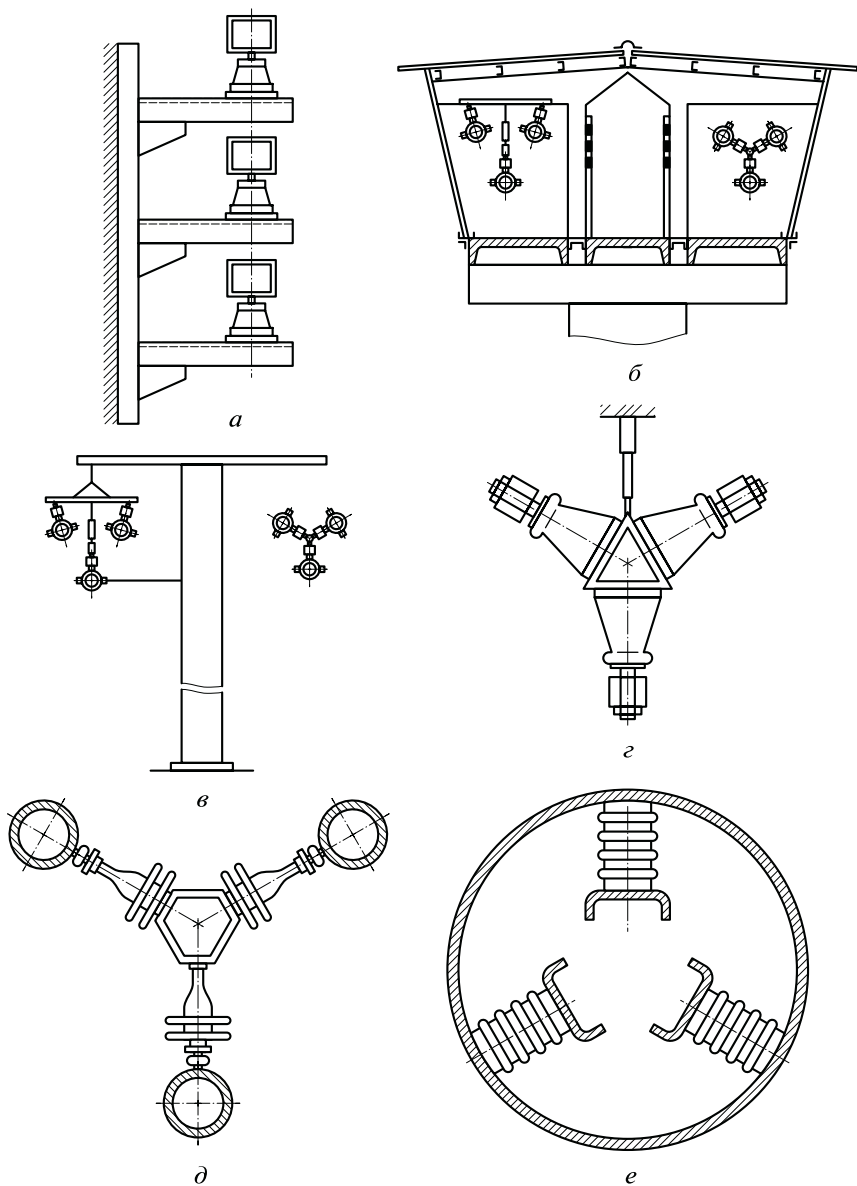


Рис. 6.14. Конструктивное исполнение жестких токопроводов:

a — трехфазный токопровод внутренней установки напряжением 6 — 35 кВ с расположением шин в одной плоскости; *б*, *в* — симметричные подвесные токопроводы напряжением 6 — 10 кВ исполнения IP00 наружной и внутренней установки; *г* — междуфазные распорки из высокопрочных изоляторов ФШФ-6; *д* — ТЭН-10-5000; *е* — токопровод ТЗК

алюминиевых проводов А600 больших сечений. Большой диаметр расщепления (0,8 м) и специальная система подвески, при которой нижняя фаза подвешивается к двум верхним, обусловили значительное снижение индуктивного сопротивления и соответствующее увеличение предельной длины токопровода по расчету напряжений у электрически удаленных электроприемников в послеаварийном режиме. При выполнении отпайки к линии потребителя с промежуточных опор или при пролетах выше 60 м провода к траверсам опор крепят У-образно.

Несущей конструкцией гибкого токопровода являются металлические опоры (рис. 6.15), устанавливаемые с пролетами 50... 100 м: угловые, концевые и промежуточные (нормальные и повышенные). Повышенные опоры используют для выполнения переходов через препятствия: эстакады, канатные дороги, теплопроводы и др. Крепление проводов к угловым и концевым опорам осуществляется натяжными гирляндами. Для улучшения электродинамических свойств внутри токопровода внутри пролета между опорами устанавливают внутрифазные и междуфазные распорки. Для устранения неравномерности токораспределения внутри проводов расщепленной фазы применяется внутрифазная транспозиция проводов, осуществляемая за счет сдвига проводов от одного зажима к другому по мере перехода от опоры к опоре с образованием пологой спирали. Внутрифазная экспозиция практически полностью устраняет неравномерность токораспределения, составляющую при отсутствии транспозиции 20... 30 % среднего значения тока в зависимости от диаметра расщепленной фазы и расстояния между осями фаз.

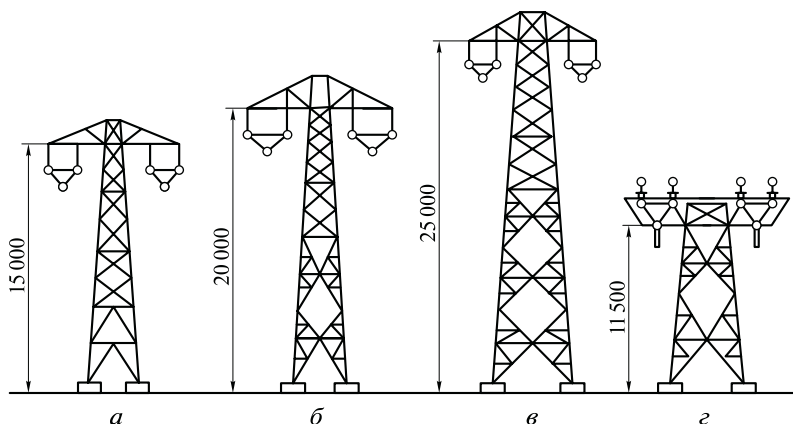


Рис. 6.15. Металлические опоры для гибкого многопроволочного токопровода:

а — промежуточная П-11 (масса 4,4 т); *б* — промежуточная П-11-5 (масса 5,9 т); *в* — промежуточная П-11-10 (масса 7,5 т); *г* — концевая КТ или угловая УГ (масса 14,1 т)

При сравнении жестких и гибких токопроводов выяснилось:

- капитальные затраты на сооружение жестких и гибких токопроводов можно считать практически одинаковыми;
- расход проводникового материала отличается незначительно;
- гибкий токопровод требует больших трудовых затрат в монтажной зоне по сравнению с жестким.

Достоинство жестких токопроводов — возможность снижения трудоемкости работ в монтажной зоне за счет заготовки в МЭЗ узлов и секций длиной 12...24 м и массой 1...1,5 т, транспортируемых к месту установки в собранном виде, а затем свариваемых в плети длиной 45...60 м и подвешиваемых к опорам.

Монтаж токопроводов начинается с раскроя. При раскрое токопровода руководствуются планом трассы, профилей и схемой токопровода, чертежами типовых секций. Линии раздела (стыки) располагают в местах установки температурных компенсаторов и вблизи угловых поворотов. При необходимости компенсаторы могут быть смещены на 1...5 м по сравнению с проектом. При раскрое избегают применения подгоночных секций, усложняющих монтаж, максимально используют унифицированные элементы и шины стандартных размеров. Результатом раскроя токопровода являются эскизы укрупненных секций с указанием расположения на них изоляторов, компенсаторов и точек крепления шин. На эскизы наносят границы секций, заготовленных в МЭЗ, выделяют границы укрупненных секций токопровода для подъема на проектную отметку.

При монтаже жестких токопроводов секции 12...24 м сваривают на месте монтажа в плети длиной 45...60 м (по расстоянию между компенсационными узлами); секции большой длины поднимают на опоры с помощью транспортной рамы, монтажной траверзы, автогидроподъемником, лебедкой, трактором. Закрепление укрупненных секций токопровода на траверсах опор выполняют с автогидроподъемников АГП-22. После этого регулируют высоту подвеса нижней фазы за счет промежуточного звена узла подвеса и трехлучевого звена промежуточной стяжки, затем устанавливают фиксаторы нижней фазы токопровода.

Перед монтажом закрытых токопроводов заказчик выполняет ревизию каждой секции, которая включает в себя:

- очистку внутренней и внешней поверхностей кожуха токопровода от пыли, грязи и устранение повреждений лакокрасочного покрытия;
- очистку изоляторов; испытание каждого изолятора напряжением 42 кВ в течение 1 мин и замену изоляторов, не выдержавших испытание;
- сборку секций и испытание в сборе повышенным напряжением переменного тока (согласно указаниям в паспорте токопровода).

Если секции не укрупняют, то концы их тщательно герметизируют. Если требуется сборка секций в большие плети, эту работу

выполняют на специальном сборочном стенде. После изготовления секции длиной до 15 м ее испытывают повышенным напряжением переменного тока.

Работы на трассе начинают с монтажа прямых участков токопровода. Для подачи укрупненных секций на проектную отметку используют монтажную траверсу и грузоподъемное устройство (автомобильный или гусеничный кран, электроталь). После установки укрупненной секции в проектное положение со стыкуемых торцов секции удаляют герметизирующие заглушки; проверяют и регулируют ее положение по отношению к заданным проектными точкам отсчета; после окончательного закрепления укрупненной секции немедленно герметизируют стык полиэтиленовой пленкой и по верху нее брезентом. Для сварки токопровода на трассе устанавливают два сварочных поста со специальными защитными кабинами; один — для сварки стыков шин, другой — для сварки кожухов. Подъем и стыковка каждой последующей секции допускаются только после сварки шин предыдущей секции. После завершения монтажа прямого участка токопровода его испытывают повышенным напряжением переменного тока. Монтаж угловых, присоединительных и вводных секций токопровода производят на заключительном этапе.

Монтаж гибких проводов начинают с раскатки проводов. В зависимости от характера трассы провода раскатывают:

- кабелеукладчиком;
- со специальной машины с установленными на ней барабанами;
- при помощи лебедок и тракторов с барабанов, установленных на домкратах.

При раскатке провод тянут по роликам со скоростью не более 100 м/мин.

Подъем и натяжение проводов производят полностью смонтированными на нулевой отметке фазами. На коротких участках при длине пролетов 100...150 м заготовку фаз осуществляют по контрольному тросу, который натягивают на опорах (проектных отметках), затем отмечают на нем места опрессовки зажимов и опускают на землю. По его размерам раскатывают и собирают провода фазы с присоединением натяжных креплений. Подъем фазы производят через блок трактором или лебедкой сначала на анкерные, а затем последовательно на промежуточные опоры. Провода натягивают после подъема на проектную отметку.

При длине пролетов 250...300 м контрольной мерой для проводов фазы служат два контрольных провода той же фазы, которые предварительно монтируют, поднимая на проектные отметки. При этом способе контрольные провода для сборки всей фазы опускают на землю только с промежуточных опор, оставляя их на анкерных. После раскатки и сборки остальных проводов фазы поднимают и натягивают на проектных отметках.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основное электрооборудование, применяемое в комплектных трансформаторных подстанциях и распределительных устройствах.
2. В чем заключаются преимущества и недостатки различных типов высоковольтных выключателей?
3. Каковы основные требования при приемке под монтажные работы к помещениям РУ и территории подстанций?
4. Составьте перечень работ при монтаже в две стадии распределительных устройств и КТП.
5. Опишите состав работ при подготовке к монтажу силовых трансформаторов.
6. Каковы условия включения трансформаторов без сушки и методы сушки трансформаторов?
7. Опишите конструкцию, преимущества и недостатки применения токопроводов.
8. Перечислите основные этапы монтажа жестких и гибких токопроводов.

МОНТАЖ СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ

7.1. Монтаж электрических машин

Наиболее энергоемким потребителем электроэнергии является электропривод, преобразующий электрическую энергию в механическую. Основную часть электроэнергии потребляет электропривод с асинхронными двигателями. Наибольшее распространение получили асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, что обусловлено простотой их конструкции и высокой надежностью в эксплуатации. Основные их недостатки — относительно низкий коэффициент мощности и снижение частоты вращения при возрастании нагрузки. Более сложны по конструкции и в эксплуатации электродвигатели постоянного тока, их применяют только для привода механизмов, требующих широкой и плавной регулировки частоты вращения.

Асинхронные электродвигатели трехфазного тока имеют соединение обмоток статора в звезду, но могут быть соединены и в треугольник. Схемы соединения и обозначения выводов обмоток односкоростных электродвигателей приведены на рис. 7.1. В зависимости от мощности, величины и назначения электродвигатели выполняются с выносными подшипниками или с встроенными в лобовые щиты. В электродвигателях малой мощности применяются подшипники качения (шарико- и роликоподшипники), а в двигателях средней и большой мощности — подшипники скольжения.

Электродвигатели большой и средней мощности (более 1 000 кВт) устанавливают не непосредственно на фундаменты, а на специально предназначенные для этой цели фундаментные плиты самых различных конструкций. Крепление фундаментных плит к основаниям (фундаментам) производится анкерными болтами (рис. 7.2). Фундаментными (анкерными) болтами прикрепляют к фундаменту одновременно плиту и лапу станины или подшипниковый стояк. Длина активной части фундаментных болтов от $15d$ до $30d$, а диаметр болтов d — от 16 до 100 мм.

Монтаж электродвигателей большой мощности начинается с подготовительных работ. Проверяется наличие и готовность подъемно-

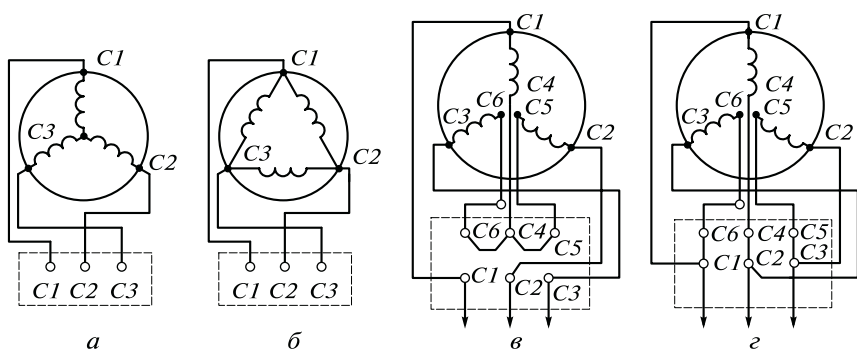


Рис. 7.1. Схемы асинхронных электродвигателей:
а — соединение обмоток звездой при трех выводах; *б* — соединение обмоток треугольником при трех выводах; *в* — соединение обмоток звездой при шести выводах; *г* — соединение обмоток треугольником при шести выводах

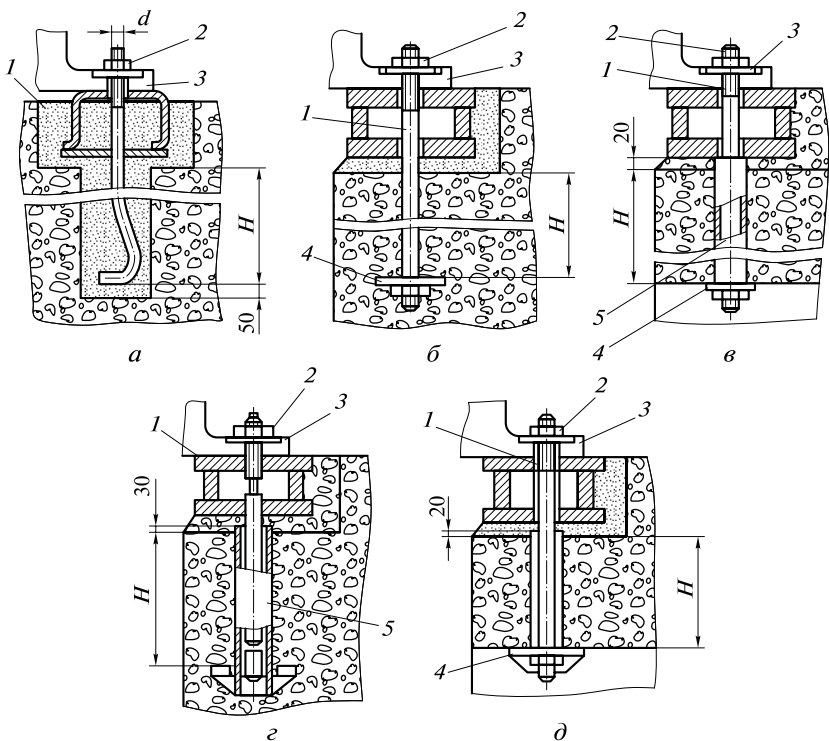


Рис. 7.2. Установка фундаментных болтов:
а, б — крепление глухое; *в, г, д* — крепление съемное; *1* — фундаментный болт (шпильки); *2* — гайка; *3* — шайба; *4* — плита; *5* — труба

транспортных механизмов в зоне монтажа, подбирается комплект приспособлений, монтажных клиньев и подкладок, клиновых домкратов и винтовых устройств.

Общая последовательность монтажных работ при установке машин большой мощности следующая:

- распаковка и размещение частей машины на монтажной площадке;
- очистка частей машины от грязи;
- ревизия их исправности;
- очистка поверхности фундамента;
- выверка в горизонтальной плоскости основания фундаментной плиты;
- установка подшипниковых стояков и изоляция от фундаментной плиты одного из них;
- установка статора и ротора; сопряжение валов и установка их; подгонка подшипников;
- выверка воздушных зазоров;
- выполнение внутренних соединений машины;
- обработка коллектора и контактных колец; монтаж коммутирующих устройств (суппорт, траверсы, щетки);
- проверка состояния изоляции и при необходимости контрольный прогрев или сушка;
- установка контрольных шпилек для надежного фиксирования положения станин и подшипниковых стояков;
- монтаж системы смазки и принудительной вентиляции.

Монтаж машин большой мощности, прибывших на монтаж в разобранном виде, начинается с установки фундаментных плит на возведенные под них фундаменты. Чтобы иметь возможность выставить машину в требуемом проекте положении по высоте, плиты устанавливаются не непосредственно на фундамент, а на металлические прокладки и клинья (рис. 7.3). Клинья применяют для того, чтобы иметь возможность регулировать положение плит по высоте, а прокладки — для исключения прогиба плит при затяжке анкерных болтов, крепящих плиты к фундаменту. Прокладки и клинья под плиты укладывают в местах сосредоточенных нагрузок, т. е. под подшипниковыми стойками, под лапами станин, с обеих сторон анкерных болтов и под ребрами жесткости плит.

Фундаментные плиты на прокладках устанавливают так, чтобы зазор между плитой и фундаментом был не менее 50 и не более 100 мм. Плиты устанавливают и выверяют по осям фундамента при помощи визирных струн. Анкерные болты крепления плиты к фундаменту затягивают равномерно и с достаточным усилием. После окончательной затяжки анкерных болтов производят контрольную проверку положения плит как по высоте, так и по осевым направлениям. После закрепления фундаментных плит производят установку подшипниковых стоек. Подшипниковые стойки с вкладышами перед установкой под-

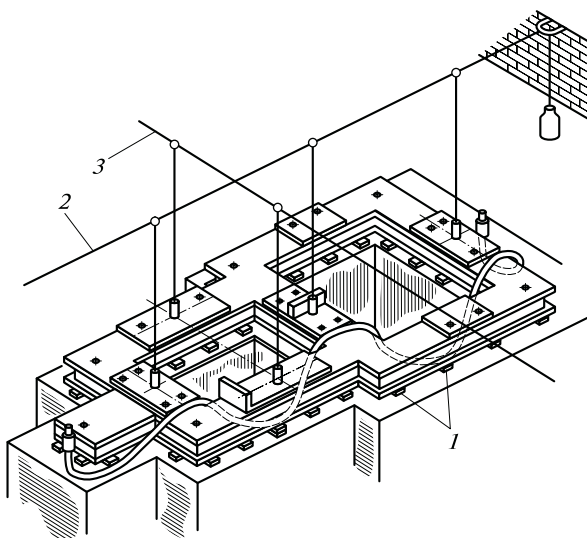


Рис. 7.3. Укладка прокладок под фундаментные плиты:

1 — прокладка; 2 — ось вала продольная; 3 — ось вала поперечная

вергают ревизии. С вкладышей удаляют антикоррозионную смазку, устраняют забоины, царапины и ржавчину. Проверяют плотность прилегания посадочных мест вкладышей в стойках, осматривают внутреннюю поверхность стоек. Металлические и изоляционные прокладки под стойками подшипников устанавливают так, чтобы они выступали из-под основания стоек не менее чем на 5 мм по всему периметру. Подшипниковые стойки устанавливают так, чтобы их плоскости разреза с крышками были горизонтальны по уровню (рис. 7.4).

Статоры, роторы и якоря до установки подвергают ревизии. При этом проверяют:

- прочность посадки клиньев, крепящих обмоточные секции в пазах магнитопроводов;
- исправность изоляционного покрова лобовых частей обмоток;
- активную сталь статоров и роторов на отсутствие вмятин, ржавчины и зазоров на пазовых зубцах;
- исправность коллекторов машин постоянного тока;
- сопротивление изоляции всех обмоток.

После того, как статор и ротор приведут в исправное состояние, приступают к их установке. При наличии мостового крана установка статора и заводка в него ротора осуществляется одновременно. Статор располагают на выкладке из шпал или брусьев, уложенных на установочные плоскости фундаментной плиты. При этом статор устанавливают по высоте так, чтобы можно было удобно ввести в него ротор.

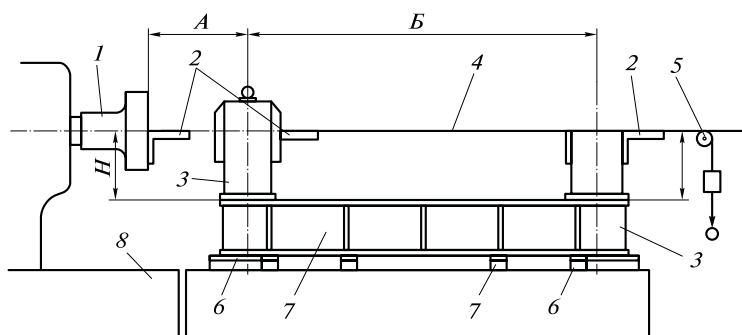


Рис. 7.4. Установка и выверка фундаментной плиты по плоскостям разреза подшипниковых стоек:

1 — вал механизма с полумуфтой; 2 — визирные угольники; 3 — подшипниковые стойки; 4 — визирная струна; 5 — блок для натяжения визирной струны; 6 — монтажные клинья под плитой; 7 — фундаментная плита; 8 — фундамент механизма; *H*, *A* и *B* заданы заводом-изготовителем

Одновременно с этим на фундаментную плиту устанавливают подшипниковые стойки с уложенными в них нижними вкладышами подшипников. На внутреннюю поверхность статора укладывают лист картона. Подвешенный на стропах ротор продвигают вглубь полости статора, насколько позволяют стропы. Если строп не дает возможность полностью ввести ротор так, чтобы его вал можно было уложить в подшипники, то вал ротора наращивают удлинителями. После того, как ротор полностью введен в статор, ротор опускают на активную сталь статора. Далее с ротора снимают стропы и статор с помощью стропов опускают на фундаментную плиту вместе с ротором. Вал ротора при последней операции опускания статора укладывают в подшипники. После установки статора и ротора проверяют зазор между галтелями шеек валов и торцами вкладышей подшипников, которые служат для разбега вала при работе машины. Разбег устанавливается по указаниям завода-изготовителя, а при отсутствии их обычно пользуются следующими данными: разбег вала при диаметре шеек его до 200 мм находится в пределах 2...4 мм, а при диаметре шеек свыше 200 мм — около 2% диаметра шейки вала.

Непосредственное соединение вала электродвигателя с валом приводного механизма производится с помощью муфты. В зависимости от конструктивного исполнения соединительные муфты обладают различной способностью компенсировать некоторую неточность выверки соосности центрируемых валов. Качество центровки валов характеризует механическое состояние машины и механизма: чем лучше проведена центровка валов, тем спокойнее и надежнее будут работать машины. Основным условием нормальной работы является правильная установка общей линии оси вала двигателя и приводного

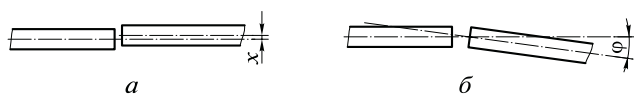


Рис. 7.5. Радиальное и угловое смещение валов:

a — радиальное (боковое); *б* — угловое (перекос)

механизма. Несоосность, которая может быть допущена при центровке валов, определяется в основном скоростями их вращения и конструктивными свойствами соединительных муфт. Под несоосностью центрируемых валов понимается относительное смещение их осей в боковом (радиальном) и в угловом (перекос валов) направлениях, как показано на рис. 7.5.

Конструктивные свойства соединительных муфт и их способность компенсировать некоторую неточность выверки соосности валов приводятся ниже. Наиболее распространенные типы муфт приведены на рис. 7.6. Упругая втулочно-пальцевая муфта типа МУВП допускает боковое смещение одного вала относительно другого от 0,3 до 0,6 мм, а угловое смещение (перекос валов) — до 1° . Зубчатая муфта МЗМ и МЗУ допускает боковое смещение от 0,7 мм и более в зависимости от размеров, а угловое смещение также до 1° . Муфта переменной

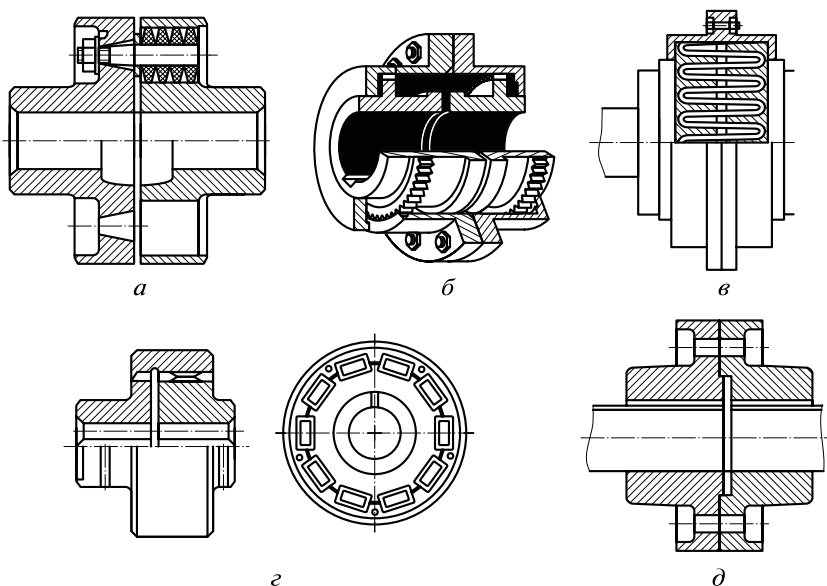


Рис. 7.6. Муфта для соединения валов:

a — упругая втулочно-кольцевая типа МУВП; *б* — зубчатая типа МЗН или МЗУ; *в* — переменной жесткости типа Бибби; *г* — упругая с пластинами из прорезиненной ткани; *д* — жесткая поперечно-свертная

жесткости, в которой ведущим элементом является стальная пружина, допускает боковое смещение от 0,3 до 3 мм, а угловое — до $1^{\circ}15'$.

Из упругих муфт имеет широкое применение муфта, в которой ведущими элементами для передачи крутящего момента являются пластины из прорезиненной ткани. Эта муфта по своим компенсационным свойствам подобна упругой муфте типа МУВП. Кроме упругих муфт широко применяется жесткая поперечно-свертная муфта. Валы, соединяемые такими муфтами, работают как единый целый вал, не имея смещений в узлах сопряжения их.

После того как валы окончательно сцентрированы, выверяют воздушные зазоры с обеих сторон ротора или якоря в следующих местах:

- у машин с неявно выраженными полюсами в четырех или восьми точках (в зависимости от диаметра ротора);
- у машин с явно выраженными полюсами — под каждым полюсом. Достаточную точность измерений и удобства пользования обеспечивает клиновой щуп (рис. 7.7).

В соответствии с указаниями заводов-изготовителей допустимая разница в воздушных зазорах между наибольшими и наименьшими значениями (в процентах от среднеарифметической величины) не превышает:

- у асинхронных машин — 10 %;
- у синхронных тихоходных машин — 10 %;
- у быстроходных — 5 %;
- у машин постоянного тока с петлевой обмоткой якоря при зазоре до 3 мм под главными полюсами — 10 %;
- при зазоре выше 3 мм — 5 %.

В машинах с волновой обмоткой эти допуски могут быть увеличены в 2—2,5 раза. В зазорах между якорем и добавочными полюсами разница допускается не более 5 %. Размер воздушных зазоров регулируют подбором соответствующих прокладок под лапы станин и разворотом их относительно ротора или якоря.

При перевозке и длительном хранении машин изоляция их обмоток может увлажниться и потребуется сушка. Сушка машины является дорогостоящей и сложной операцией, поэтому ее производят только после тщательного обследования машины и выполнения соответствующих измерений. Даже крупные электрические машины сушат в редких случаях. Наиболее правильное суждение о состоянии изо-

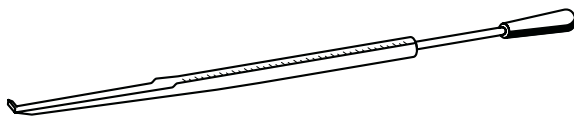


Рис. 7.7. Клиновой щуп для измерения воздушных зазоров в машине между статором и ротором или якорем

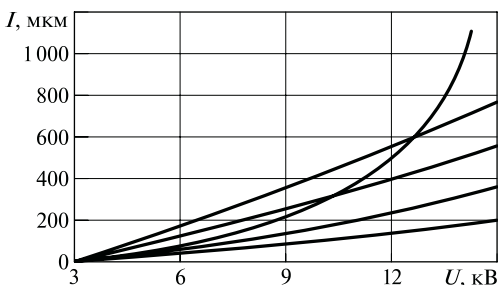


Рис. 7.8. Кривые зависимости токов утечки через изоляцию машин от приложенного напряжения постоянного тока для электродвигателя 6 кВ

ляции машины дает метод измерений токов утечки через изоляцию машины при приложении к ней повышенного напряжения постоянного тока до 2,5-кратного значения номинального.

Измерение токов утечки производят при значениях испытательного напряжения постоянного тока 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 номинального. По этим токам строят кривую зависимости токов утечки от испытательного напряжения. Прямолинейный характер кривой токов утечки в пределах от 0,5 до 2,5 U говорит об исправном состоянии изоляции машины и о том, что такую машину можно включать в работу без сушки (рис. 7.8). Резкий перегиб кривой говорит о сильной увлажненности машины. В таких случаях машину подвергают сушке.

Контрольный прогрев или сушку электродвигателя, отсыревшего незначительно, производят теплым воздухом, который прогоняют через электродвигатель вентилятором. Электродвигатели можно также прогревать или сушить нагревом их обмоток электрическим током. Контрольный прогрев и сушку электрических машин производят как переменным, так и постоянным током, пропускаемым по их обмоткам. Широкое применение получили прогрев и сушка машин переменным током методом индукционных потерь в стали ротора. Для этого на статор наматывают временную обмотку из изолированного провода. При любом методе сушки и прогрева тщательно следят за тем, чтобы обмотки и части просушиваемого электродвигателя не нагревались свыше допустимой температуры, установленной нормами на машины. Все сказанное относится к крупным электрическим машинам мощностью более 1 000 кВт, которые поступают на монтаж в разобранном виде.

В промышленности больше используются электродвигатели мощностью до 100 кВт, которые поступают на монтаж в собранном виде и перед установкой не должны разбираться. Перед установкой новых двигателей производится их осмотр. Если электродвигатель не имеет наружных повреждений, производят очистку его внутренних частей сжатым воздухом. При продувке ротор проворачивают вручную, проверяя свободное вращение вала в подшипниках. Перед установкой

двигателя проводят измерение сопротивления изоляции. У двигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором измеряют сопротивление изоляции обмоток статора по отношению к земле (корпусу) и друг к другу. Это возможно при помощи выведенных шести концов обмотки. Если выведены только три конца обмотки, то измерение проводится только по отношению к земле (корпусу).

У электродвигателей с фазным ротором, кроме того, измеряют сопротивление изоляции между ротором и статором, а также сопротивление изоляции щеток по отношению к корпусу. У электродвигателя постоянного тока измеряют сопротивление изоляции между якорем и катушками возбуждения (полюсами), проверяют сопротивление изоляции якоря, щеток и катушек возбуждения по отношению к корпусу. Низкое сопротивление изоляции может быть вызвано незначительными повреждениями изоляции или ее увлажнением. В этих случаях двигатель подвергается ремонту или сушке соответственно.

Проверенные двигатели устанавливают на полу цеха, на конструкции или фундаменте, выверяют, соединяют с приводным механизмом. Соединение выполняют непосредственно при помощи муфт или через зубчатую или клиноременную передачу. При всех способах соединения требуется проверка положения двигателя при помощи уровня в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При выверке электродвигателей, устанавливаемых на бетонном полу или фундаменте, под лапу двигателей подкладывают для регулирования положения их в горизонтальной плоскости металлические подкладки (клинья). При ременной и клиноременной передачах необходимым условием правильной работы электродвигателя с приводимым им во вращение механизмом является соблюдение параллельности валов двигателя и вращаемого им механизма, а также совпадение средних линий по ширине шкивов.

Наибольшее распространение получило непосредственное соединение электродвигателя муфтой с валом приводного механизма. Выверку положения валов электродвигателя и вращаемой им машины при соединении их муфтами выполняют с помощью двух центровочных скоб, закрепляемых на валах электродвигателя и машины (рис. 7.9). Поворачивая одновременно валы электродвигателя и машины в одном и том же направлении, добиваются того, чтобы расстояния А и Б между скобами при соединении валов передаточно-свертными муфтами не изменялись, а при соединении другими видами муфт разница в зазорах не превышала допустимых значений. Абсолютно точного совпадения осевых линий соединяемых валов достигнуть невозможно, для обеспечения нормальной работы привода вибрация машин не должна превышать установленных норм.

При зубчатой передаче добиваются параллельности валов двигателя и приводимой машины и правильного зацепления шестерен. Эти условия будут соблюдены, когда зазор между зубьями по всей толщине шестерни будет одинаковым. Зазор проверяют щупом.

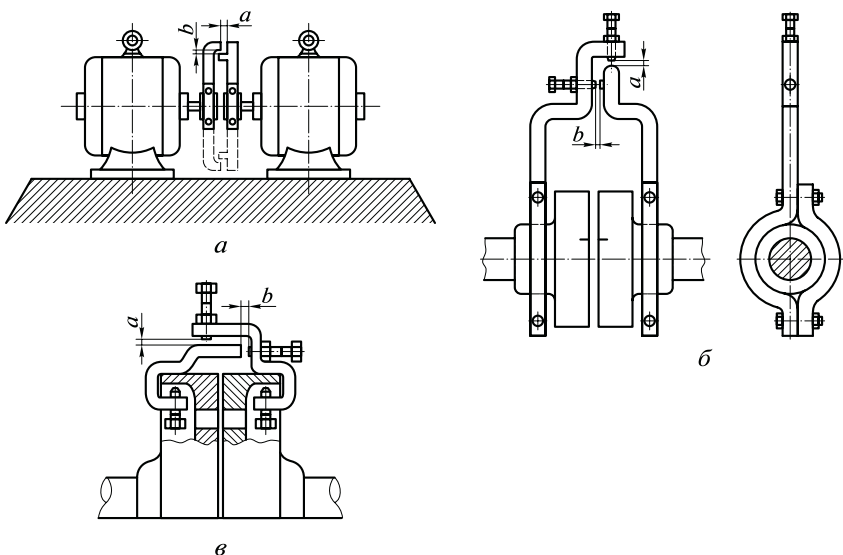


Рис. 7.9. Выверка установки (сопряжения) электродвигателя и вращаемой им машины при непосредственном соединении их муфтами с помощью центровочных скоб:

a — закрепляемых хомутами на полумуфтах; *б* — закрепляемых на втулках полумуфт; *в* — закрепляемых на ободу полумуфт

Соединение с помощью индукторных муфт скольжения позволяет получить регулируемый электропривод при нерегулируемом асинхронном или синхронном двигателе. Муфту устанавливают между двигателем и механизмом. Муфта состоит из двух концентрических вращающихся частей, между которыми осуществляется электромагнитная связь.

7.2. Монтаж аппаратуры управления

Устройство низковольтных аппаратов управления (НАУ).

Коммутационные аппараты до 1 кВ предназначены для управления режимом работы электрооборудования. Низковольтные аппараты выполняют функции: включения, отключения и переключения электрической цепи (коммутационные аппараты); автоматическое отключение электрической цепи при коротких замыканиях и токовых перегрузках, а также при недопустимом кратковременном снижении напряжения или исчезновении напряжения (коммутационно-защитные аппараты).

Основными характеристиками при выборе аппарата являются:

- номинальный ток, номинальное напряжение;

- режим работы — продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный;
- термическая стойкость аппарата и его частей;
- электродинамическая стойкость;
- предельный ток отключения.

При разработке НАУ решались задачи повышения эксплуатационной надежности при сокращении материальных и энергетических затрат на их производство. Разработка НАУ велась по следующим направлениям:

- совершенствование контактной аппаратуры за счет применения новых материалов с улучшенными свойствами и более совершенных комплектовующих изделий;
- создание аппаратов новой конструкции; использование полупроводниковых устройств, устройств гашения дуги в инертном газе или вакууме, герметичных силовых контактов.

В последнее время получают все большее распространение аппараты нового поколения.

Коммутационные аппараты. К ним относятся контакторы с бездуговой коммутацией (гибридные). Контактторы гибридного исполнения переменного тока 380 и 660 В на 100, 160 и 250 А с бездуговой коммутацией серии КТ60 и КТП60 являются модификацией контакторов серии КТ600, КТП6000 и КТ7000. В контакторах новой серии сочетаются контактные и полупроводниковые элементы.

Параллельно главным контактам K включены встречно-параллельно тиристоры $VT1$ и $VT2$. Управление тиристорами осуществляется от трансформатора тока T , первичной обмоткой которого является шина контактора. Вторичные обмотки трансформатора T подключены через диоды $VD1$ и $VD2$ к управляющим цепям тиристоров. Когда контактор включен, ток проходит только по контактам K , так как падение напряжения на них очень мало и значительно ниже порогового напряжения вольт-амперной характеристики тиристоров. При отключении контактов K ток проходит в цепь тиристоров, находящихся во включенном состоянии, под действием сигналов управления, поступающих от трансформатора тока T . При этом дуга на контактах K не образуется, так как падение напряжения на тиристорах не превышает 4...5 В, т. е. оно ниже напряжения, необходимого для зажигания дуги. При изменении направления тока сигналы управления снимаются и ток в цепи тиристоров прекращается при первом переходе его через нулевое значение, т. е. в течение не более полупериода.

Гибридные контакторы сочетают преимущества контактных (малые габариты, потребляемая мощность и повышенная нагрузочная способность) и бесконтактных (высокая надежность, износостойкость, простота обслуживания) аппаратов. Электрическая износостойкость таких контакторов — 5 млн циклов. Контактторы выдерживают сквозной ток короткого замыкания 20 кА. Контактторы с бездуговой коммутацией выпускаются с катушкой электромагнита переменного

го тока типа КТ, постоянного тока типа КТП, а также серии МК2 на 380 и 660 В на ток 63 А.

Вакуумные контакторы серий КМ13 и КТ12Р. Электрическая прочность между контактами в вакууме значительно выше, чем в воздухе, поэтому гашение дуги в вакууме происходит быстрее, что повышает износостойкость контактов. Вакуум в дугогасительных камерах не выше 13,3 мПа. Вакуумные камеры серии КДВ-12 рассчитаны на номинальные токи 400 и 630 А при напряжении 1 140 В. Вакуумные контакторы КМ13 с управлением на постоянном токе предназначены для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором и другими приемниками электроэнергии, в основном с тяжелым режимом работы. Частота включений — 1 200 вкл/ч, предельная коммутационная способность при 660 В при включении — $10I_{ном}$ и при отключении — $8I_{ном}$, механическая износостойкость 5 млн циклов ВО.

Преимущества вакуумных контакторов перед воздушными:

- быстрое восстановление электрической прочности межконтактного промежутка;
- отсутствие контакта дуги с окружающей средой;
- быстроедействие;
- высокая механическая и коммутационная износостойкость;
- стабильность переходного сопротивления, минимальный уход.

Вакуумные контакторы серии КТ12Р (или КТ12Р37) по конструкции и назначению аналогичны контакторам КМ13, но могут быть встроены в оболочки взрывозащищенных и рудничных взрывобезопасных аппаратов. Номинальный ток 400 А, напряжение 660 и 1 140 В.

Герсиконовые контакторы КМГ-13 и КМГ-14. Имеют герсиконы КМГ-12 — магнитоуправляемые герметичные контакты — коммутационные аппараты принципиально нового вида, повышенной надежности контактирования и повышенной коммутационной износостойкости, с контактами, размещенными в герметичном керамическом корпусе, заполненном защитным газом. Контакты выполнены из тугоплавкого материала вместо серебра. Герсиконы не требуют ухода и обслуживания, бесшумны, их подвижные элементы практически не изнашиваются. Габаритные размеры 23×42, 5×83,5 мм, масса 0,11 кг, номинальный ток 6,3 А при напряжении 380—400 В. Герсиконы КМГ-12 являются основными комплектующими изделиями для герсиконовых контакторов КМГ-13 и КМГ-14, которые предназначены в основном для коммутации цепей переменного тока, управления асинхронными двигателями мощностью до 3 кВт и малоамперными элементами слаботочной автоматики. Герсиконы могут выполнять роль главных контактов и могут применяться самостоятельно в различных силовых схемах.

Коммутационно-защитные аппараты. К таким аппаратам относятся автоматические выключатели, магнитные пускатели, предо-

хранители. Автоматические выключатели служат для автоматического размыкания электрических цепей при перегрузках, коротких замыканиях, при значительных снижениях напряжения и для нечастого включения цепей вручную. Автоматическое отключение выключателя происходит с помощью специального механизма — расцепителя, который может быть нескольких типов: максимальный или расцепитель максимального тока, независимый (дистанционный), минимального напряжения. Максимальный расцепитель может быть электромагнитным, тепловым или комбинированным, т.е. иметь тепловой и электромагнитный элемент; при достижении определенного значения тока максимальный расцепитель действует на механизм свободного расцепления и автоматический выключатель разрывает цепь тока. Независимый расцепитель служит для дистанционного отключения автоматического выключателя кнопкой или другим датчиком. Расцепитель минимального напряжения при понижении напряжения ниже нормы действует на защелку, которая освобождает пружину и выключатель разрывает цепь тока.

Автоматические выключатели выпускаются нескольких серий. Наиболее распространенные установочные выключатели: АЕ2000, А3100, А3700, АВ, АСТ, «Электрон». Выключатели АЕ2000, А3700 осуществляют комбинированную защиту электроприемников: тепловую от перегрузок и электромагнитную максимальную — защиту от КЗ. Эти выключатели заменили автоматические выключатели типов АП50, АК63, А63, АК50, АСТ, А3161, А3163, А3110, А3120. Выключатели типов АЕ2000 и А3700 предназначены для защиты от перегрузок и токов КЗ, для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутыми роторами, а также для оперативного включения и отключения цепей с частотой включений до 30 вкл/ч. Выключатели АЕ2000 применяются в цепях переменного тока 660 В и постоянного тока до 220 В, выпускаются на токи 25, 63 и 100А.

Автоматические выключатели серии А3700 заменили выключатели А3100, А3300, А3500, А3600, А4100. Они предназначены для защиты электроустановок от перегрузок, токов КЗ и недопустимых снижений напряжения, для оперативного включения и отключения и отключения цепей 220 В постоянного тока и 660 В переменного тока; для нечастого пуска асинхронных двигателей. Выключатели выпускают на токи 160, 200, 400 и 630 А в двух- и в трехполюсном исполнении.

Автоматические выключатели серии АВ выпускают на токи 630, 1 000, 1 600, 2 500 и 4 000 А на напряжение 660 В переменного и 440 В постоянного тока.

Автоматические выключатели серий ВА50 (рис. 7.10) и ВА75 на номинальные токи от 25 до 400 А предназначены для замены выключателей серий АЕ2000, А3700 и «Электрон». Новые выключатели имеют лучшие технические характеристики, меньше по габариту и массе. Выключатели ВА50 имеют пластмассовый корпус, ВА75 выпускаются

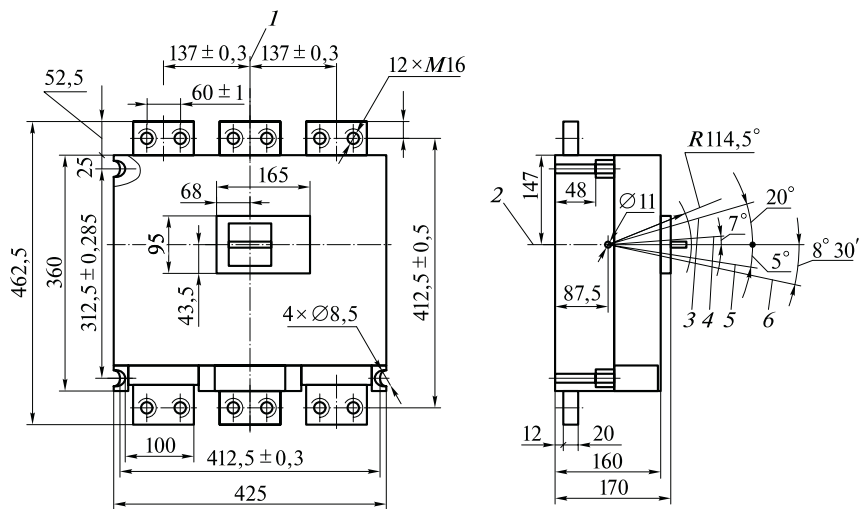


Рис. 7.10. Выключатель стационарного исполнения с передним присоединением ВА53-43:

1 — ось вертикальная; 2 — ось горизонтальная; 3 — включено; 4 — отключено автоматически; 5 — отключено вручную; 6 — взведено

в открытом исполнении. Выключатели ВА51 — ВА56 предназначены для распределения энергии в цепях переменного тока до 660 В и постоянного тока до 440 В от 25 до 1 600 А, отключения цепей при КЗ и перегрузках, при недопустимых снижениях напряжения, для нечастых включений и отключений электродвигателей и для их защиты. Выключатели выпускаются неселективными, с тепловыми расцепителями тока и без них, могут быть снабжены независимыми расцепителями, максимальными и нулевыми расцепителями напряжения, свободными вспомогательными контактами, контактами сигнализации автоматического отключения и механической блокировкой положения выключателя «Включено» или «Отключено». Модульная конструкция выключателей позволяет сократить монтажные площади и размеры распределительных устройств.

Быстродействующие выключатели ВА47-38 и ВА47-43 предназначены для защиты силовых полупроводниковых приборов в преобразователях напряжения до 660 В переменного тока и до 600 В постоянного тока. Благодаря применению быстродействующего индукционно-механического привода и дугогасительной камеры с магнитным дутьем интервал отключения токов КЗ выключателем ВА47 составляет 0,5... 1 мс. Это позволяет значительно уменьшить габариты преобразователей.

Магнитные пускатели предназначены для включения и отключения электродвигателей и защиты их от перегрузок и снижения напря-

жения. Пускатели серии ПМЕ предназначены для пуска двигателей малой мощности (до 10 кВт). Пускатели ПМЕ с середины 1980-х годов заменены на пускатели серии ПМЕ-М. Пускатели серии ПА и ПАЕ предназначены для двигателей средней мощности (при 380 и 500 В — от 17 до 75 кВт). Магнитные пускатели ПАЕ с начала 1980-х годов заменены на пускатели серии ПМА (рис. 7.11). Пускатели ПМА на токи от 6,3 до 160 А напряжением до 660 В предназначены для управления асинхронными двигателями мощностью до 90 кВт. Пускатели имеют трехполюсные тепловые реле, что позволяет защитить двигатели от перегрузок недопустимой продолжительности и от режима работы на двух фазах. Выпускаются в открытом и защищенном исполнениях, реверсивные и нереверсивные, с переключением схемы соединения со звезды на треугольник.

Тиристорные пускатели предназначены для управления трехфазными электродвигателями на передвижных и стационарных установках. Пускатель допускает продолжительный и повторно-кратковременный режим работы с ПВ = 60 % при частоте включений до 600 в час. Он имеет тепловую защиту от перегрузок и максимальную токовую защиту с регулируемым порогом срабатывания. Управление пускателем кнопочное с фиксацией или без фиксации команды. Управление может осуществляться от бесконтактных логических эле-

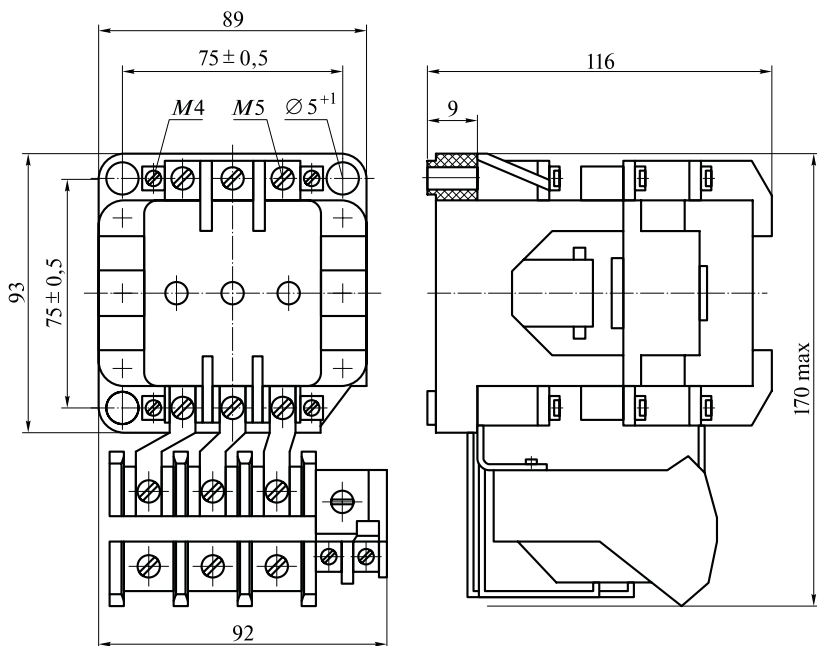


Рис. 7.11. Пускатель ПМА-3200 нереверсивный с тепловым реле

ментов. Силовая часть состоит из тиристорov, включенных встречно-параллельно по два на каждую фазу.

Предохранители представляют собой простейшие электрические аппараты, предназначенные для выявления и однократного отключения электрической цепи при коротких замыканиях или перегрузке. Предохранители работают на тепловом действии электрического тока. При токе выше номинального плавкая вставка перегорает и отключает электрическую цепь. Наибольший ток, который может быть отключен предохранителем без какого-либо повреждения или деформации, называется *предельным током отключения*. Предохранители до 1 кВ изготавливаются разборными ПР и насыпными ПН. Предохранители без наполнителя ПР-2 выполняются на напряжение 220 и 500 В, токи патронов 15...1 000 А и предельные токи отключения 1 200...2 000 А. Достоинством предохранителей ПР-2 является простота из перезарядки, недостатком — большие размеры. Предохранители ПН-2 применяются для защиты силовых цепей до 500 В переменного тока и 400 В постоянного тока, выполняются на номинальные токи 100...600 А и предельные токи отключения 50 кА.

Быстродействующие предохранители ПП60М предназначены для защиты мощных тиристорных преобразовательных агрегатов для металлургического электропривода, электротранспорта и преобразовательных установок другого типа. Их номинальный ток 630 А при напряжении 380 и 660 В переменного тока, 250 и 500 В постоянного тока. Они могут эксплуатироваться и при пониженной или повышенной до 400 Гц частоте. Отключающая способность 200 кА. Предохранители изготовлены без применения серебра в конструкции плавкого элемента, обладают большой токоограничивающей способностью.

Жидкометаллические самовосстанавливающиеся предохранители в ближайший период должны получить применение в качестве ограничителей тока при последовательном включении с автоматическим выключателем. Принцип работы жидкометаллических самовосстанавливающихся предохранителей (ЖСП) основан на испарении жидкого металла в капиллярном отверстии диэлектрической втулки при протекании аварийного тока. Образующаяся паровая пробка обладает высоким сопротивлением, ограничивающим электрический ток. Через несколько миллисекунд жидкий металл остывает и конденсируется, восстанавливая электрическую цепь.

Основным преимуществом ЖСП является высокое быстродействие и способность многократно восстанавливаться. К недостаткам ЖСП относится нестабильность их защитной характеристики и сложность согласования селективности их действия с другими защитными устройствами, а также с перегрузочной способностью защищаемых электроустановок. В последнее время появилась возможность использования ЖСП не только в качестве ограничителей тока для повышения отключающей способности выключающих аппаратов, но и для защиты от перегрузок и КЗ.

Монтаж пускорегулирующих аппаратов. Коммутационные аппараты устанавливают в соответствии с рабочими чертежами и с инструкциями заводов-изготовителей. Аппараты или опорные конструкции, на которых они устанавливаются, крепят к строительным основаниям дюбелями, болтами, винтами, с помощью штырей; опорные конструкции приваривают к закладным элементам строительных оснований.

Строительные основания должны обеспечивать крепление аппаратов без перекосов и исключать недопустимые вибрации. Ввод проводов, кабелей или труб в аппараты не должен нарушать степень защиты оболочки аппаратов и создавать механических воздействий, деформирующих их. При установке нескольких аппаратов в блоке должен быть обеспечен доступ для обслуживания каждого из них. Пускорегулирующие аппараты должны быть прочно закреплены и установлены вертикально. Последнее требование особенно тщательно соблюдают при монтаже приборов, автоматических выключателей и реле, так как они надежно работают только при строго вертикальной установке.

Рубильники, переключатели, предохранители и блоки рубильник-предохранитель монтируют на распределительных щитах и силовых шкафах. Установка этих аппаратов выполняется по уровню и отвесу. Затяжка гаек и винтов производится до отказа, но с усилием не более 150 Н и без рывков. После затяжки всех креплений проверяется плотность соприкосновения контактного ножа со стойкой щупом 0,05 мм. В случае прохода щупа более чем на 1/3 контактной поверхности необходимо устранить причину перекоса. Контактные ножи аппаратов при включении должны касаться контактных стоек с обеих сторон по всей линии. При этом «отпружинивание» контактных губок стоек при входе в них ножа должно быть хорошо заметно на глаз. Все трущиеся части покрывают техническим вазелином или специальной смазкой.

При монтаже предохранителей (ПН-2, НПН), кроме того, выполняют следующие условия: патроны предохранителей ПН-2, установленные вертикально, не должны выпадать из контактных стоек при приложении к ним усилия, равного: 30 Н для предохранителей на ток 40 А, 40 Н — на ток 100 А, 45 Н — на ток 250 А, 50 Н — на ток 400 А, 60 Н — на ток 600 А. При установке патрона предохранителя в контактные стойки плотность их соприкосновения проверяется щупом толщиной 0,05 мм между колпачком патрона и губками стоек.

Магнитные пускатели устанавливают на распределительных сборках, на распределительных щитах или отдельно на конструкциях на стенах, колоннах и т. п. Пускатели устанавливают вертикально по отвесу, отклонения по вертикали допускаются не более 5°. Поверхность контактов пускателя осматривают после опробования его под нагрузкой и в случае появления на ней наплывов обрабатывают напильником. Смазывать контакты пускателя не допускается. Разме-

ры раствора, провала и нажатия контактов проверяют и регулируют в соответствии с указаниями заводов-изготовителей. Если при включении магнитного пускателя слышно сильное гудение его магнитной системы, устраняют следующие возможные неисправности:

- недостаточную затяжку винтов, крепящих сердечник;
- повреждение короткозамкнутого витка;
- чрезмерное нажатие контактов;
- неплотное прилегание якоря к сердечнику из-за загрязнения поверхностей прилегания или наличия на них смазки.

У реверсивных пускателей перед включением в работу проверяют работу блокировки, предотвращающей возможность одновременного включения силовых контактов прямого и обратного хода.

Автоматические выключатели выполняют функции пускателя, предохранителя, отключающего двигатель при КЗ, и аппарата защиты от перегрузки двигателя. При монтаже автоматических выключателей следят за тем, чтобы между токоведущими частями сохранялись достаточные электрические зазоры. Если автоматический выключатель имеет пластмассовый корпус, то конструкция под выключатель должна быть хорошо выправлена, иначе при затяжке крепежных болтов может произойти поломка пластмассового основания выключателя. Для крепления автоматического выключателя с передним присоединением проводов используют отверстия, расположенные между выводами. Автоматические выключатели с задним присоединением проводов должны закрепляться на изоляционных панелях специальными токоведущими соединительными винтами.

7.3. Шкафы и ящики низковольтных комплектных устройств

В настоящее время основная часть низковольтной аппаратуры управления комплектуется в комплектные устройства (КУ). КУ — электротехническое устройство заводского изготовления, представляющее собой совокупность электрических аппаратов, приборов и другого электрооборудования, смонтированных на единой конструктивной основе и предназначенных для выполнения одной или нескольких функций: управления, распределения, трансформации, защиты, измерения и сигнализации.

Электротехнической промышленностью изготавливаются следующие низковольтные комплектные устройства (НКУ):

- открытые щиты, в том числе стеллажи;
- защищенные щиты и отдельные напольные шкафы;
- щиты, защищенные только спереди и с боков;
- блоки, панели;
- ящики (навесные шкафы);
- пульта и др.

НКУ предназначены для приема и распределения электроэнергии, управления (регулирования, автоматики), измерения, сигнализации и защиты оборудования, предназначенного для производства, передачи и использования электрической энергии. В НКУ устанавливают контактные и бесконтактные аппараты, приборы и устройства (в том числе преобразовательные, вычислительные и микропроцессорной техники).

НКУ классифицируют:

- по выполняемым функциям — прием, распределение электроэнергии, управление (регулирование, автоматика), измерение, сигнализация и защита оборудования;
- назначению, определяемому конструктивными и эксплуатационными требованиями, — химически стойкое, для тяжелых условий эксплуатации, морское, станочное, взрывозащищенное и др.;
- конструкции — блоки (стационарные, выдвижные, поворотные); панели (стационарные, поворотные); ящики; пульты; шкафы; открытые щиты; защищенные щиты (шкафные, каркасные);
- способу обслуживания — одностороннее, двустороннее;
- способу компоновки аппаратуры — однорядные (однослойные), двухрядные (двухслойные), многорядные (многослойные);
- виду применяемых аппаратов и устройств — контактных, бесконтактных, в том числе с применением средств вычислительной и микропроцессорной техники, информационных, с сочетанием различных видов аппаратов;
- степени защиты, климатическому исполнению и категории размещения.

Конструкцией НКУ предусмотрено место для ввода, прокладки, разделки внешних присоединений и опорные элементы для их крепления. НКУ имеют устройство для подключения нулевых и заземляющих проводников.

Шкафы (пункты) низковольтных комплектных устройств. Распределительные шкафы (пункты) ПР8501 и ПР8701 предназначены для распределения электроэнергии и защиты электроустановок при перегрузках и токах короткого замыкания, для нечастых (до 6 в час) оперативных включений и отключений электрических цепей и пуска асинхронных двигателей.

Шкафы ПР8501 рассчитаны на эксплуатацию в цепях напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц, а ПР8701 — в цепях напряжением до 220 В постоянного тока. В шкафах смонтировано электрооборудование по 157 схемам переменного тока и 65 схемам постоянного тока. После освоения полной серии шкафы ПР8501 и ПР8701 заменяют выпускаемые в настоящее время пункты ПРИ, ПР22, ПР22Д, ПР24, ПР24Д, ПР24Н, ПР24Г. Шкафы изготавливаются без выключателей ввода (с зажимами) и с выключателями ввода, расположенными в верхней части шкафа при вводе сверху и в нижней части шкафа при вводе снизу. Зажимы допуска-

ют присоединение внешних проводников сечением от $1 \times 2,5 \text{ мм}^2$ до $4 (1 \times 120) \text{ мм}^2$.

Конструкция шкафа обеспечивает ввод проводов в трубах и кабелей с пластмассовой, резиновой и бумажной изоляцией, с медными и алюминиевыми жилами и вывод проводов в трубах и указанных кабелей. Внешние проводники присоединяются к главным шинам зажимами (рис. 7.12), состоящими из корпуса *1* и прижимного винта *2*. Прижатие проводника *3* осуществляется при закручивании винта *2*. Внутри шкафа установлена неизолированная нулевая шина, имеющая электрическое соединение с корпусом шкафа. Нулевая шина пропускает ток, равный номинальному.

В шкафах предусмотрено место для размещения проводников с учетом допустимых радиусов их изгиба. В шкафах напольного и навесного исполнения, допускающих ввод кабеля с бумажной изоляцией, предусмотрено место для заделки кабеля и ее крепления. Шкафы напольного и навесного исполнения можно соединять параллельно между собой на вводе (в «цепочку»). Это требование обеспечивают установкой в шкафах транзитных зажимов. Для шкафов с вводными выключателями на ток 400 и 630 А и без них эти зажимы рассчитаны на присоединение четырех входящих и четырех отходящих проводников сечением 120 мм^2 на фазу, а на ток 160 и 250 А — двух входящих и двух отходящих проводников сечением 120 мм^2 на фазу. Шкафы утопленного исполнения с вводным выключателем или вво-

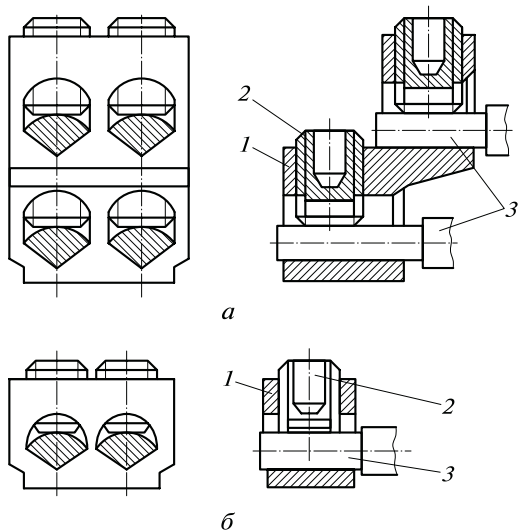


Рис. 7.12. Зажимы для присоединения внешних проводников:

а — на ток 400 А; *б* — на ток 160—250 А; *1* — корпус; *2* — прижимной винт; *3* — проводник

дными зажимами на ток до 250 А допускают присоединение к «неразрезной» магистрали, проходящей через шкаф. Примеры установки шкафов ПР8501 и ПР8701 в зависимости от их исполнения приведены на рис. 7.13.

Распределительные пункты (РП) серии ПР22 и ПР24 предназначены для распределения электроэнергии и защиты электроустановок при перегрузках и коротких замыканиях, для нечастых (до шести в час) оперативных включений и отключений электрических цепей и пусков асинхронных электродвигателей.

РП выпускаются:

- напольного исполнения — для установки на полу;
- навесного исполнения — для установки на стенах, колоннах и тому подобных конструкциях.

РП имеют расположение вводного выключателя или вводных зажимов в верхней части шкафа при вводе питающих проводников сверху и в нижней части шкафа — при вводе снизу. Зажимы допускают присоединение алюминиевых и медных проводников.

Шкафы серии ШР11 предназначены для распределения электроэнергии, служат для защиты силовых и осветительных сетей. Шкафы ШР11 без предохранителей предназначены для установки в электрических цепях напряжением до 380 В переменного тока, а с предохранителями НПН2 или ПН2 — напряжением до 500 В. Номинальный ток отходящих линий (в количестве до 8) 250 и 400 А (рис. 7.14). Для присоединения питающих проводников шкафы имеют зажимы, рассчитанные на присоединение к каждой фазе: для шкафов с выключателем на ток до 250 А — двух жил сечением 95 мм²; для шкафов с выключателем на ток до 400 А — двух жил сечением 120 или 185 мм².

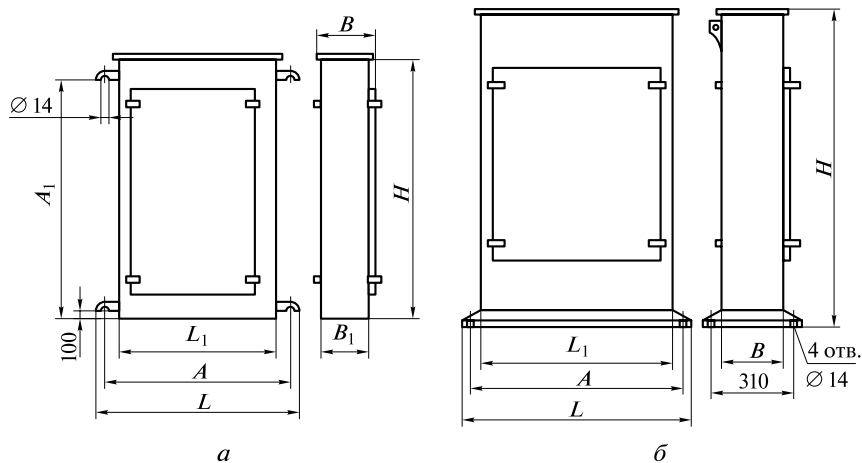


Рис. 7.13. Установка шкафов ПР8501 и ПР8701:
а — навесное исполнение; *б* — напольное исполнение

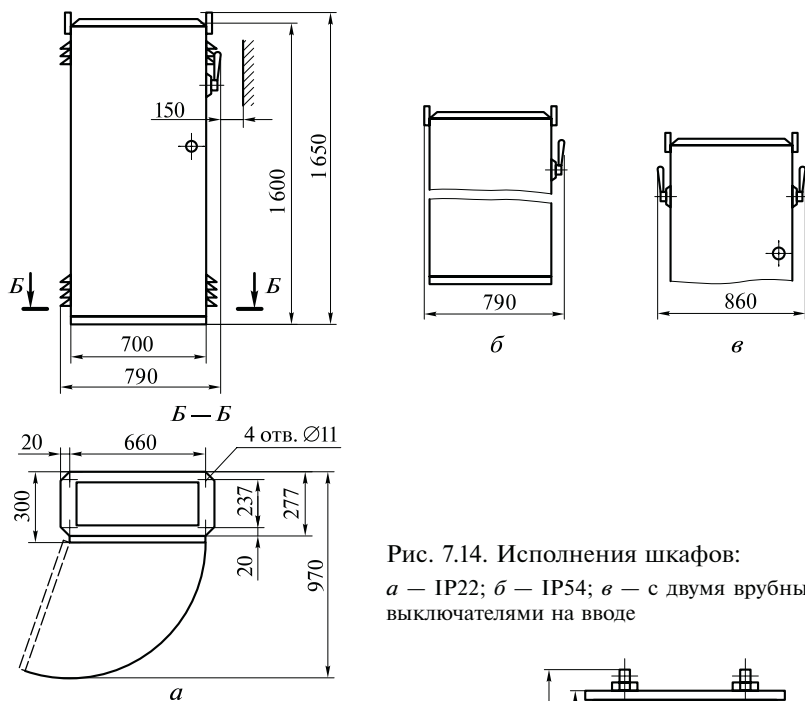


Рис. 7.14. Исполнения шкафов:
a — IP22; *б* — IP54; *в* — с двумя врубными выключателями на вводе

Шкафы имеют на корпусе болт заземления М10. Шкафы ШРС1 для приема и распределения электроэнергии трехфазного тока выпускаются на напряжение до 500 В и ток до 400 А. Установка шкафов на железобетонном перекрытии показана на рис. 7.15. Строительная организация выполняет проемы для патрубков и установку закладных изделий, а также после установки из патрубков и заглушек заполняют верхнюю часть проема бетоном, причем поверхность должна быть выполнена на уровне чистого пола. Кабели в патрубках уплотняют несгораемым, легко пробиваемым материалом.

Ящики распределительных и низковольтных комплектных устройств предна-

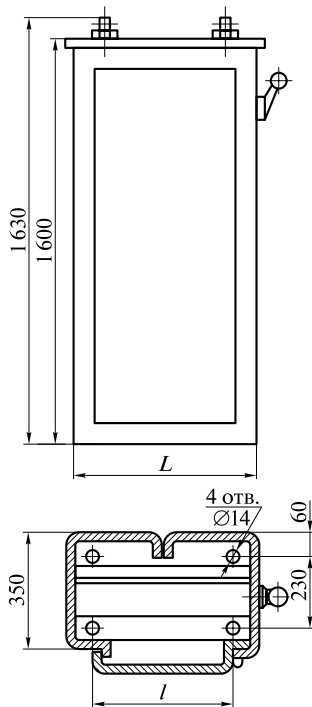


Рис. 7.15. Размеры крепления шкафов серии ШРС-1

значены для неавтоматического замыкания и размыкания под нагрузкой электрических цепей переменного тока напряжением до 440 В, частотой 50 и 60 Гц и постоянного тока напряжением до 220 В. Ящики комплектуют в виде распределительных устройств (например, РУС-Е), сборок, шкафов (пунктов) или применяют для индивидуальной установки на стене, колонне или другом вертикальном основании. Сборные распределительные устройства РУС-Е предназначены для применения в качестве распределительных пунктов силовых и осветительных сетей, а также устройств управления электроприводами в промышленности и сельском хозяйстве. Сборки комплектуют из типовых ящиков со сборными шинами и аппаратами по любой электрической схеме.

Ящики без соединительных окон применяют только для отдельной установки с расположением сальников на корпусе ящика. Ящики при комплектовании в сборки соединяют болтами. Электрический монтаж между ящиками осуществляют через соединительные окна, расположение которых выбирают в зависимости от схемы сборки.

Сборки комплектуются ящиками при любом их расположении с обеспечением электрического монтажа как по вертикали, так и по горизонтали. Вводные устройства (сальники) устанавливаются непосредственно на корпусе в отверстия, пробиваемые по надрубам. Максимально возможное число отверстий на ящике — шесть. Вводные устройства допускают присоединение многожильных бронированных и небронированных кабелей с алюминиевыми и медными жилами, а также проводами, проложенными в трубах, как сверху, так и снизу. Сборки, комплектуемые из ящиков, устанавливают непосредственно на стене или металлическом каркасе, закрепляемом на полу, стене или колонне.

Ящики управления типа Я5000 предназначены для управления асинхронными двигателями, работающими в продолжительном, кратковременном или повторно-кратковременном режимах. Номинальное напряжение силовой цепи 380, 400 и 415 В при частоте 50 Гц, 380 и 440 В — при частоте 60 Гц. В ящиках различного исполнения устанавливаются автоматические выключатели на один или два управляемых электродвигателя или силовые зажимы ЗН24-63 на ток 63 А. В ящиках установлены блоки зажимов Б324, к одному зажиму можно присоединить один или два провода независимо от материала жилы сечением 0,5 ... 2,5 мм² или один провод сечением 4 мм². Ящики устанавливают на стене, колонне или другом вертикальном основании. Ушки для подвешивания ящиков выполнены универсальными, т. е. могут находиться в вертикальном и горизонтальном положении.

Ящики однолинейные ЯВЗ (рис. 7.16) предназначены для неавтоматического замыкания и размыкания под нагрузкой электрических цепей постоянного тока напряжением до 220 В и переменного тока напряжением до 500 В и для защиты от перегрузки и токов короткого замыкания. В качестве коммутационного аппарата в ящиках

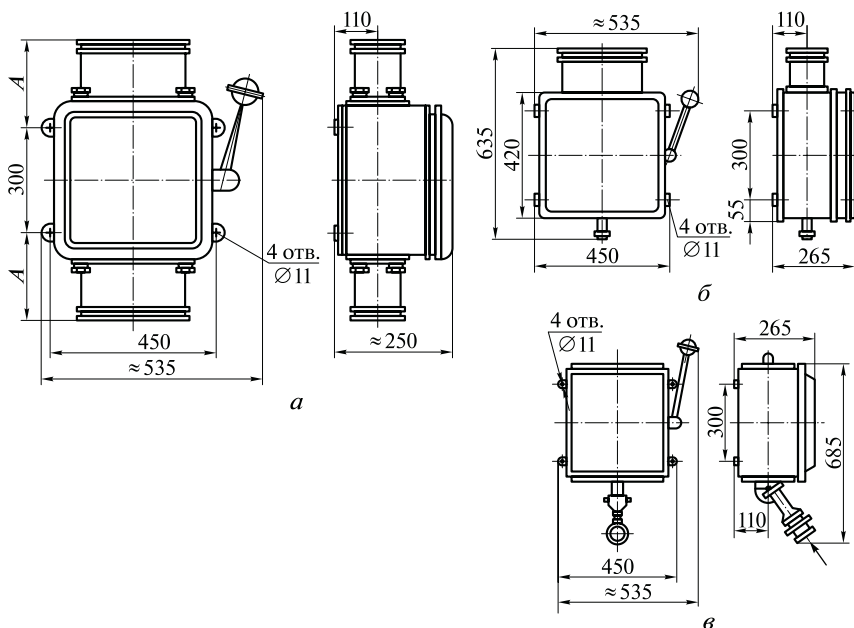


Рис. 7.16. Размеры однолинейных ящиков:

а — ЯВЗ; б — ЯВЗБ; в — ЯВЗШ

использованы блоки предохранитель-выключатель (БПВ) с предохранителями ПР2. Буквенные обозначения серии: Я — ящик, В — выключатель, З — закрытый.

Ящики ЯВЗБ и ЯВЗШ выполнены на базе конструкции ящиков ЯВ и предназначены для подключения передвижных и переносных электроприемников (сварочных трансформаторов, сверлильных машин и т.д.). Буквенные обозначения серии: Я — ящик, В — выключатель, З — закрытый, Б — контактные стойки с барашковыми зажимами, Ш — со штепсельным разъемом.

Ящики ЯРП11 применяются в электрических установках переменного и постоянного тока для защиты сетей от недопустимых длительных перегрузок и токов короткого замыкания, нечастых (не более шести в час) оперативных коммутаций. Ящики ЯРП11 с рубильниками и предохранителями ПН-2 предназначены для установки в цепях напряжением до 220 В постоянного тока и до 380 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц. Номинальный ток 80 и 200 А. Ящики допускают ввод и присоединение сверху или снизу бронированных и небронированных кабелей, а также проводов в трубах с алюминиевыми или медными жилами.

Однолинейные распределительные ящики ЯВП предназначены для неавтоматического замыкания и размыкания электрических

цепей до 220 В постоянного и 440 В переменного тока частотой 50...60 Гц и защиты их от перегрузок и токов короткого замыкания. Ящик ЯВП состоит из одно-, двух- или трехполюсного пакетного выключателя ПВМ и двух или трех предохранителей ПР2, встроенных в стальной корпус.

Силовые ящики ЯБПВУ предназначены для защиты, нечастых включений и отключений под нагрузкой цепей трехфазного тока. Ящики комплектуются из блоков БПВУ с предохранителями ПН2. Ввод и вывод проводов и кабелей осуществляют через верхнюю и нижнюю съемные крышки. Максимальное количество и сечение жил проводов и кабелей, присоединяемых к одному зажиму ящика — $2 \times 120 \text{ мм}^2$.

Транспортирование и установка комплектных устройств.

Для удобства НКУ поставляют в виде транспортных секций длиной до 4 м. Для транспортировки в зону монтажа широко применяют автомобильный транспорт; погрузку и разгрузку осуществляют стационарными, мостовыми или автомобильными кранами. Строповку секций НКУ выполняют за специальные болты, скобы и др. Для подъема и перемещения транспортных секций. НКУ применяют комплекты такелажных приспособлений: траверсы (рис. 7.17), стропы, обоймы, захваты (рис. 7.18). Захват состоит из грузозахватной скобы 1, шарнирно соединенной с рычагом 2, и скобы 3 для соединения с грузоподъемным механизмом. Для захвата транспортной секции рычаг поворачивают и надевают на полку швеллера, предусмотренного конструкцией НКУ. При подъеме секции рычаг занимает вертикальное положение и груз надежно закрепляется.

Транспортные секции НКУ в машинных залах и электропомещениях перемещают мостовыми кранами, электроталями или специаль-

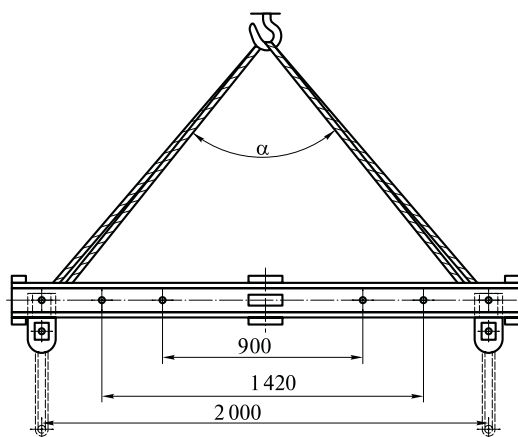


Рис. 7.17. Траверса грузоподъемностью до 25 т

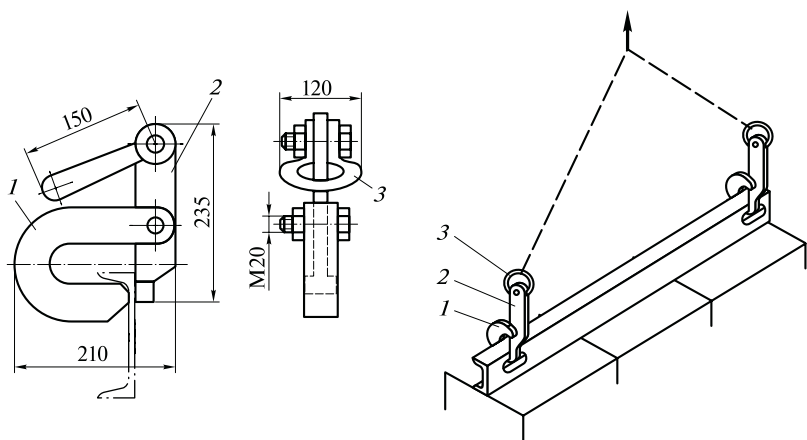


Рис. 7.18. Захват для подъема и транспортирования НКУ:
1, 3 — скоба; 2 — рычаг

ными комплектами механизмов и приспособлений. Для перемещения НКУ и установки в проектное положение применяют механизмы комплекта КМБ, в том числе такелажную платформу грузоподъемностью 3,5 т, перемещаемую по рельсам длиной 15 м, и ручную лебедку (РРЛ-3 или ЛР-1). В этом случае приспособление транспортирует НКУ только до входа в помещение и устанавливает его на такелажную платформу. Платформу с помощью троса лебедки перемещают НКУ в зону монтажа. После доставки НКУ к месту установки к платформе прикрепляют наклонные пандусы с рольгангами. Затем один край платформы приподнимают винтовыми домкратами и перемещают НКУ по пандусам к месту постоянной установки.

Транспортирование секций щитов НКУ с электрооборудованием массой 3...9 т выполняют на поворотных опорах ОП-9 (комплект механизмов состоит из четырех опор). НКУ закрепляют на поворотных опорах и грузоподъемных балках. Опоры вместе с балками и телескопическими тягами обеспечивают устойчивую конструкцию, а поворотное устройство позволяет перемещать НКУ в любом направлении.

Транспортные секции щитов НКУ массой до 3 т перемещают в монтажной зоне по полам с твердым покрытием с помощью приспособления ППЭТ. В зависимости от массы, габаритов и конструкции основания электрооборудования выбирают один из способов установки его на катки: основания щитов, шкафов НКУ имеют в дне по углам отверстия; в этом случае используют накладки со штырями. Сначала приподнимают НКУ роликовым ломом и подводят каток или первую пару катков.

Затем аналогично устанавливают остальные катки таким образом, чтобы штыри накладок катков вошли в отверстия основания

НКУ; основания НКУ имеют сплошное дно, в этом случае на каждую пару катков вместо накладок устанавливают технологическую планку. НКУ приподнимают роликовыми ломачами, подводя под его основание первую пару катков, затем вторую. Дно НКУ размещают на технологических накладках; основания НКУ не имеют сплошного дна, в этом случае НКУ устанавливают на катки с использованием технологических балок таким образом, чтобы опорные части каркаса опирались на эти балки.

В закрытых помещениях, труднодоступных для комплектов КМБ, при транспортировании небольшого количества НКУ применяют инвентарные приспособления (рис. 7.19). В комплект приспособлений входят: катки 2, на которые устанавливают транспортируемые блоки НКУ; колея 4 из швеллеров № 8 ... 12, скрепленных между собой шпильками 5 и накладками 6; рольганги 1 и склизы 3. Ролики катков регулируют по ширине швеллеров при помощи втулок, расположенных на осях катков. Рольганги служат для перемещения электрооборудования в направлении, перпендикулярном укладке ко-

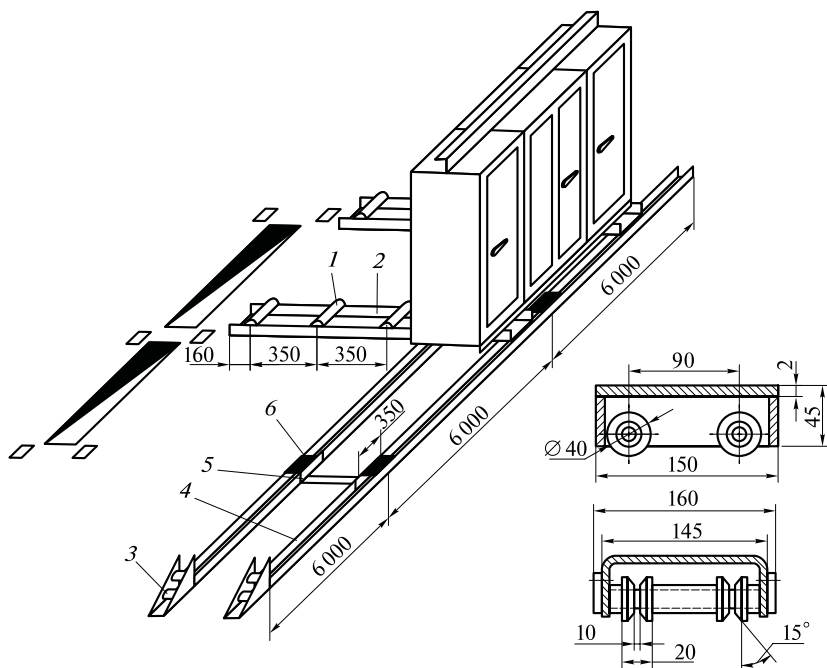


Рис. 7.19. Инвентарное приспособление для транспортирования НКУ:

- 1 — рольганг; 2 — катки; 3 — склизы; 4 — колея (швеллер № 8 ... 12); 5 — шпильки; 6 — накладки

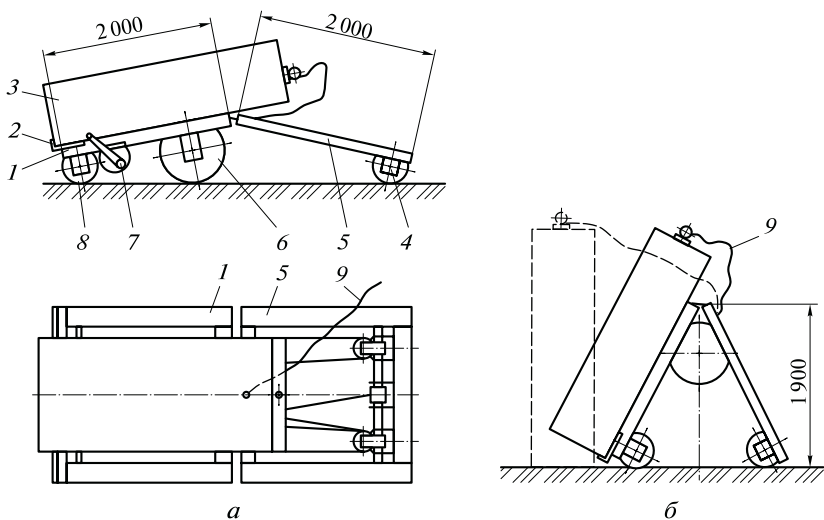


Рис. 7.20. Транспортно-подъемное устройство для перемещения и установки шкафов (пунктов):

а — при транспортировке; *б* — при разгрузке; 1 — шарнирно соединенные рамы; 2 — упор; 3 — шкаф; 4, 6, 8 — катки; 5 — стальной швеллер; 7 — ручная лебедка; 9 — страховочный фал

леи. Для этого из-под груза убирают катки и груз опирают на ролики рольгангов, превышающие по высоте полотно колеи.

Шкафы, (пункты), отдельные панели щитов или пульты НКУ транспортируют в монтажную зону на различных устройствах или тележках. Например, транспортирование, а также подъем этих устройств в вертикальное положение при установке на фундаменты выполняют на транспортно-подъемном устройстве (ТПУ). Устройство (рис. 7.20) состоит из двух шарнирно соединенных рам 1 и из стального швеллера 5. Его ходовая часть имеет три пары катков 4, 6 и 8, на каждую из которых ТПУ опирается в момент транспортирования шкафа 3. В момент подъема шкафа при установке его в проектное положение концы рам постепенно сводят полиспастом, приводимым в действие ручной лебедкой 7. При этом средняя пара катков выходит из соприкосновения с полом, по которому перемещается ТПУ с грузом.

При доставке шкафа к фундаменту рамы тележки занимают положение, при котором угол между ними становится острым (рис. 7.20, б); шкаф при этом переводят в положение, близкое к вертикальному; центр тяжести шкафа занимает такое положение, что транспортируемое изделие под действием собственной массы устанавливается вертикально. Шкаф при погрузке укладывают на опорную поверхность той рамы ТПУ, на которой установлен упор 2, препятствующий смещению шкафа при его установке на фундамент. При

транспортировании нижняя часть шкафа должна касаться упора; к корпусу шкафа присоединяют страховочный фал.

При монтаже в одном электротехническом помещении значительного количества шкафов (пунктов), отдельных панелей или пультов НКУ используют тележку ТПП-2,5, управляемую одним электромонтажником. Тележка предназначена для погрузки, транспортирования и установки электрооборудования массой до 2,5 т в помещениях с твердыми полами; она позволяет выполнять транспортно-погрузочные операции и может маневрировать с грузом в тесных помещениях, где невозможно использовать электро- и автопогрузчики.

Шкафы, панели или пульты устанавливают на сварную вилочную платформу тележки, при этом вилы опускают. Их высота в опущенном состоянии 145 мм. Электрооборудование, устанавливаемое на тележку, приподнимают роликовыми ломанами и сдвигают на ее раму. При ширине шкафов 800 мм и более на вилы опускают сплошной специальный настил. Перемещаемый груз крепят к корпусу тележки страховочными тросами. Затем вилы приподнимают на высоту 210 мм над уровнем пола. Поворот тележки выполняют вокруг опоры. После перемещения тележки вилочную раму опускают к фундаменту или закладным деталям. Электрооборудование сдвигают с рамы и устанавливают в проектное положение роликовыми ломанами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

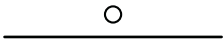
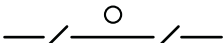
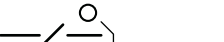
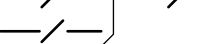
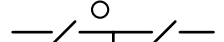

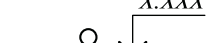

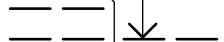

1. Опишите последовательность и содержание работ при монтаже электродвигателей большой мощности.
2. Перечислите геометрические параметры, контролируемые при монтаже электрических машин.
3. Каким образом оценивают степень увлажненности изоляции электрической машины?
4. Какие меры необходимы для обеспечения снижения вибрации электрических машин?
5. Дайте классификацию низковольтных аппаратов управления и расскажите о их назначении.
6. Перечислите основные требования к монтажу и контролируемые параметры для рубильников, магнитных пускателей и автоматических выключателей.
7. Каковы назначение и преимущества применения комплектных низковольтных устройств?
8. Какие средства механизации работ при монтаже НКУ вы знаете?

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

Таблица П1.1. Изображения линий проводок и токопроводов

Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Линия проводки. Общее изображение		Толщина 1,0
Допускается указывать над изображением линии данные проводки (род тока, напряжение, материал, способ прокладки, отметка проводки и т. п.) Например. Цепь постоянного тока напряжением 110 В		То же
Допускается количество проводников в линии указывать засечками Например. Линия, состоящая из трех проводников		
1.1. Линия цепей управления		
1.2. Линия сети аварийного эвакуационного и охранного освещения		
1.3. Линия напряжения 36 В и ниже		
1.4. Линия заземления и зануления		
1.5. Заземлители		
1.6. Металлические конструкции, используемые в качестве магистралей заземления, зануления		

Наименование	Изображение	Размер, мм
2. Прокладка проводов и кабелей:		
2.1. Открытая прокладка одного проводника		Толщина 1,0 4 5
2.2. Открытая прокладка нескольких проводников		То же
2.3. Открытая прокладка одного проводника под перекрытием		
2.4. Открытая прокладка нескольких проводников под перекрытием		
2.5. Прокладка на тресе и его концевое крепление		
2.6. Проводка в лотке		
2.7. Проводка в коробе		
2.8. Проводка под плинтусом		
2.9. Конец проводки кабеля		
3. Вертикальная проводка:		
3.1. Проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более высокой отметки		
3.2. Проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой отметки		
3.3. Проводка пересекает отметку, изображенную на плане, сверху вниз или снизу вверх и не имеет горизонтальных участков в пределах данного плана		

Наименование	Изображение	Размер, мм
4. Проводка в трубах. Общее изображение:		
4.1. Проводка в трубе, прокладываемой открыто		
4.2. Проводка в трубах, прокладываемых открыто		
4.3. То же, при необходимости показа габаритов группы труб		
4.4. Проводка в трубе, прокладываемой под перекрытием, площадкой, с указанием отметки заложения		
4.5. Проводка в трубах, прокладываемых под перекрытием		
4.6. То же, при необходимости показа габаритов группы труб		
4.7. Проводка в трубе, прокладываемой скрыто (в бетоне, в грунте и т. п.), с указанием отметки заложения		
4.8. Проводка в трубах, прокладываемых скрыто		
4.9. То же, при необходимости показа габаритов группы труб		

Наименование	Изображение	Размер, мм
4.10. Проводка в трубе, прокладываемой от отметки трассы вверх		
4.11. То же, вниз		
4.12. Конец проводки в трубе		
4.13. Проводка в патрубке через стену		
4.14. То же, сквозь перекрытие		
4.15. Разделительное уплотнение в трубах для взрывоопасных помещений		
4.16. Проводка гибкая в металлорукаве, гибком вводе		
5. Прокладка шин и шинопроводов. Общее изображение:		Толщина 2,0
5.1. Шина, проложенная на изоляторах		
5.2. Пакет шин, проложенных на изоляторах		Толщина 1,0
5.3. Шины или шинопровод на стойках		
5.4. То же, на подвесах		То же
5.5. То же, на кронштейнах		
5.6. Троллейная линия		

Наименование	Изображение	Размер, мм
5.7. Секционирование троллейной линии		
5.8. Компенсатор шинный, троллейный		

Примечание. Изображение места крепления шинпровода по пп. 5.1 ... 5.5 должно соответствовать его проектному положению.

Таблица П1.2. Изображения коробок, щитков, ящика с аппаратурой, шкафов, щитов, пультов

Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Коробка ответвительная		
2. Коробка вводная		
3. Коробка протяжная, ящик протяжной		То же
4. Коробка, ящик с зажимами		
5. Щиток магистральный рабочего освещения		
6. Щиток групповой рабочего освещения		То же
7. То же, при выполнении на графопостроителе		»
8. Щиток групповой аварийного освещения		»
9. Щиток лабораторный		»













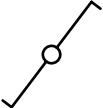
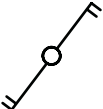
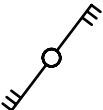
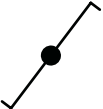
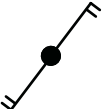
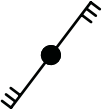

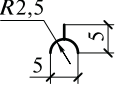












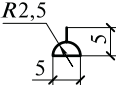


Наименование	Изображение	Размер, мм
10. Ящик с аппаратурой		
11. Шкаф, панель, пульт, щиток одностороннего обслуживания, пост местного управления		
12. Шкаф, панель двустороннего обслуживания		
13. Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей одностороннего обслуживания Пример. Щит из четырех шкафов		
14. Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей двустороннего обслуживания Пример. Щит из пяти шкафов		
15. Щит открытый Пример. Щит из четырех панелей		

Таблица П1.3. **Изображения выключателей, переключателей и штепсельных розеток**

Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Выключатель. Общее изображение		
2. Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
2.1. Однополюсный		То же
2.2. Однополюсный сдвоенный		«

Наименование	Изображение	Размер, мм
2.3. Однополюсный строенный		»
2.4. Двухполюсный		»
2.5. Трехполюсный		»
3. Выключатель для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
3.1. Однополюсный		
3.2. Однополюсный сдвоенный		
3.3. Однополюсный строенный		То же
3.4. Двухполюсный		»
4. Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP44 до IP55:		
4.1. Однополюсный		»
4.2. Двухполюсный		»
4.3. Трехполюсный		»

Наименование	Изображение	Размер, мм
5. Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP20 до IP23:		
5.1. Однополюсный		»
5.2. Двухполюсный		»
5.3. Трехполюсный		»
6. Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP44 до IP55:		
6.1. Однополюсный		»
6.2. Двухполюсный		»
6.3. Трехполюсный		»
7. Штепсельная розетка. Общее изображение		
8. Штепсельная розетка открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
8.1. Двухполюсная		То же

Наименование	Изображение	Размер, мм
8.2. Двухполюсная сдвоенная		»
8.3. Двухполюсная с защитным контактом		»
8.4. Трехполюсная с защитным контактом		»
9. Штепсельная розетка для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
9.1. Двухполюсная		»
9.2. Двухполюсная сдвоенная		»
9.3. Двухполюсная с защитным контактом		»
9.4. Трехполюсная с защитным контактом		»
10. Штепсельная розетка со степенью защиты от IP44 до IP55:		
10.1. Двухполюсная		»
10.2. Двухполюсная с защитным контактом		»
10.3. Трехполюсная с защитным контактом		»
11. Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
11.1. Один выключатель и штепсельная розетка		
11.2. Два выключателя и штепсельная розетка		То же
11.3. Три выключателя и штепсельная розетка		»




Наименование	Изображение	Размер, мм
12. Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
12.1. Один выключатель и штепсельная розетка		»
12.2. Два выключателя и штепсельная розетка		»
12.3. Три выключателя и штепсельная розетка		»

Таблица П1.4. **Изображения светильников и прожекторов при раздельном изображении на плане оборудования и электрических сетей**








Наименование	Изображение
1. Светильник с лампой накаливания. Общее изображение	
2. Светильник с люминесцентной лампой. Общее изображение	
3. Светильник с разрядной лампой высокого давления	
4. Прожектор, например, с лампой накаливания. Общее изображение	
5. Светильник с лампой накаливания для аварийного освещения	
6. Светильник с люминесцентной лампой для аварийного освещения	
7. Светильник с лампой накаливания для специального освещения (световой указатель), например для запасного выхода	

Таблица П1.5. Изображения светильников и прожекторов при совмещенном изображении на плане оборудования и электрических сетей











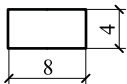

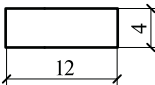

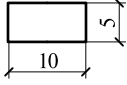
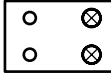
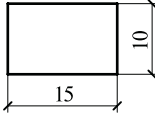
Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Светильник с лампой накаливания. Общее изображение		
2. Светильник с лампой накаливания на тросе		То же
3. То же, на кронштейне, на стене здания, сооружения для наружного освещения		
4. Светильник с люминесцентными лампами. <i>Примечание.</i> Допускается светильник с люминесцентными лампами изображать в масштабе чертежа		
5. Светильник с люминесцентными лампами, установленными в линию		
6. Светильник с люминесцентной лампой на кронштейне для наружного освещения		
7. Светильник с разрядной лампой высокого давления на кронштейне для наружного освещения		
8. Светильник с разрядной лампой высокого давления на опоре для наружного освещения		
9. Люстра		То же
10. Светильник-световод щелевой		
11. Прожектор		

Наименование	Изображение	Размер, мм
12. Группа прожекторов с направлением оптической оси в одну сторону*		
13. Группа прожекторов с направлением оптической оси во все стороны*		
14. Светофор сигнальный (на три лампы)		
15. Патрон ламповый:		
15.1. Стенной		
15.2. Подвесной		
15.3. Потолочный		То же

* Направление проекций осевых лучей прожекторов указывают при конкретном проектировании.

Таблица П1.6. Изображения аппаратов контроля и управления

Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Звонок		
2. Сирена, гудок, ревун		

Наименование	Изображение	Размер, мм
3. Табло для вызова персонала:		
3.1. На один сигнал		
3.2. На несколько сигналов		
4. Надписи и знаки рекламные		
5. Устройство пусковое для электродвигателей. Общее изображение		
6. Магнитный пускатель		
7. Автоматический выключатель		То же
8. Пост кнопочный:		
8.1. На одну кнопку		
8.2. На две кнопки		
8.3. На три кнопки		
8.4. С двумя светящимися кнопками		
8.5. На две кнопки с двумя сигнальными лампами		


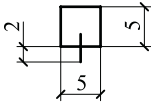

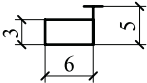

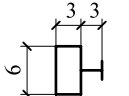

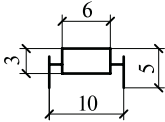


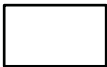

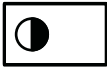

Наименование	Изображение	Размер, мм
9. Переключатель управления		
10. Выключатель путевой		
11. Командоаппарат, командоконтроллер:		
11.1. С ручным приводом		
11.2. С ножным приводом		
12. Тормоз		

Таблица П1.7. **Изображения электротехнических устройств и электроприемников**

Наименование	Изображение
1. Устройство электротехническое. Общее изображение	
2. Устройство электрическое, например с электродвигателем	
3. Устройство с многодвигательным электроприводом	
4. Устройство с генератором	


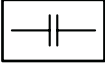
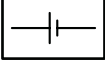
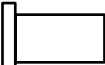


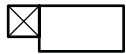

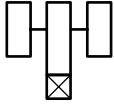



Наименование	Изображение
5. Двигатель-генератор	
6. Комплектное трансформаторное устройство с одним трансформатором. Примечание. Допускается трансформатор малой мощности изображать без прямоугольного контура	
7. То же, с несколькими трансформаторами	
8. Установка комплектная конденсаторная	
9. Установка комплектная преобразовательная	
10. Батарея аккумуляторная	
11. Устройство электронагревательное. Общее изображение	

Таблица П1.8. Изображения электрооборудования открытых распределительных устройств

Наименование	Изображение
1. Силовой трансформатор:	
1.1. Масляный с расширительным баком	
1.2. Масляный без расширительного бака	
2. Масляный выключатель:	
2.1. Напряжением 6—10 кВ	

Наименование	Изображение
2.2. То же, 35 кВ	
2.3. То же, 110—220 кВ	
3. Разъединитель, отделитель напряжением 35, 110, 220 кВ	
4. Короткозамыкатель, заземлитель напряжением 35, 110, 220 кВ	
5. Автоматический быстродействующий выключатель	
6. Бетонный реактор	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ФОРМА ЛИСТКА ОСМОТРА ВОЗДУШНОЙ ЛЭП

Предприятие _____
 Район (участок) _____

ЛИСТОК ОСМОТРА

ВЛ _____ кВ наименование линии _____
 Вид осмотра _____

Номер опоры, пролета	Замеченные неисправности

Осмотр произведен от опоры № _____ до опоры № _____
 «_____» _____ 20__ г.
 Ф. И. О. _____
 подпись

Листок осмотра принял _____
 дата, подпись

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Быстрицкий Г. Ф.* Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов : учеб. пособие / Г. Ф. Быстрицкий, Б. И. Кудрин. — М. : Изд. центр «Академия», 2003. — 173 с.
2. Инструкция по эксплуатации силовых кабельных линий. Ч. 1. Кабельные линии напряжением до 35 кВ. — М. : СПО «Союзтехэнерго», 1980. — 102 с.
3. *Короткевич М. А.* Основы эксплуатации электрических сетей. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Короткевич. — Минск : БГПА, 1999. — 146 с.
4. *Кудрин Б. И.* Выделение и описание технических ценозов / Б. И. Кудрин // Изв. вузов. Электромеханика. — 1985. — № 7. — С. 49—54.
5. *Кудрин Б. И.* Электроснабжение промышленных предприятий : учебник / Б. И. Кудрин. — М. : ИнтернетИнжиниринг, 2005. — 672 с.
6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. — М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. — 297 с.
7. Правила устройства электроустановок. — 6, 7-е изд. — Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2006. — 853 с.
8. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования / под ред. Ф. Л. Когана. — М. : АО «Фирма ОРГЭС», 1999. — 491 с.
9. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / под ред. М. Г. Зименкова, Г. В. Розенберга, Е. М. Феськова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1983. — 480 с.
10. *Фуфаев В. В.* Ценологическое определение параметров электропотребления, надежности, монтажа и ремонта электрооборудования предприятий региона : монография / В. В. Фуфаев. — М. : Центр системных исследований, 2003. — 320 с.
11. ГОСТ 14209—97 (МЭК 354—91). Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Межгосударственный стандарт. Дата введения 01.01.2002.
12. Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97. РАО «ЕЭС России». С изм. № 1 и 2 от 10.01.2000 и 22.08.2000.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Глава 1. Организация инвестиций, монтажа и наладки электрохозяйства предприятий, организаций, учреждений ...	5
1.1. Структура управления электромонтажными организациями и служба главного электрика	5
1.2. Основные требования к объему и содержанию проектной документации.....	9
1.3. Графические обозначения и маркировка цепей в электрических схемах.....	13
1.4. Индустриальные методы производства электромонтажных работ	16
Глава 2. Монтаж и наладка систем электроснабжения.....	20
2.1. Организация и подготовка электромонтажного производства.....	20
2.2. Интеллектуализация и механизация электромонтажных работ.....	25
2.3. Выполнение электромонтажных работ в две стадии	46
2.4. Пусконаладочные работы.....	48
2.5. Приемка объекта в эксплуатацию	50
2.6. Охрана труда при выполнении электромонтажных работ.....	53
Глава 3. Монтаж воздушных линий электропередачи.....	57
3.1. Подготовительные работы.....	57
3.2. Сборка и установка опор.....	62
3.3. Монтаж проводов и грозозащитных тросов	69
3.4. Монтаж трубчатых разрядников и заземляющих устройств.....	75
3.5. Приемка воздушной линии в эксплуатацию	77
Глава 4. Монтаж кабельных линий	80
4.1. Общие сведения о классификации кабелей.....	80
4.2. Способы и методы прокладки	85
4.3. Организация прокладки кабелей.....	92
4.4. Соединение и оконцевание кабелей.....	97

Глава 5. Монтаж цеховых электрических сетей	107
5.1. Провода и кабели для электропроводок	107
5.2. Монтаж электропроводок	109
5.3. Открытые беструбные электропроводки.....	112
5.4. Электропроводки в трубах	124
5.5. Шинопроводы	133
5.6. Монтаж сетей освещения.....	143
Глава 6. Монтаж распределительных устройств и подстанций	155
6.1. Общие сведения.....	155
6.2. Высоковольтное оборудование КРУ и подстанций.....	160
6.3. Монтаж распределительных устройств и подстанций	179
6.4. Монтаж токопроводов напряжением 6—35 кВ.....	185
Глава 7. Монтаж силового оборудования и распределительных устройств напряжением до 1 кВ	192
7.1. Монтаж электрических машин	192
7.2. Монтаж аппаратуры управления	201
7.3. Шкафы и ящики низковольтных комплектных устройств	209
Приложения	221
Приложение 1. Условные графические изображения электрооборудования и электропроводок.....	221
Приложение 2. Форма листка осмотра воздушной ЛЭП.....	236
Список литературы.....	237

Учебное издание

**Кудрин Борис Иванович,
Магазинник Лев Теодорович,
Ошурков Михаил Геннадьевич,
Цырук Сергей Александрович,
Ставцев Виталий Андреевич,
Костин Владимир Николаевич**

Монтаж и наладка электрооборудования

Учебник

2-е издание, стереотипное

Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*
Компьютерная верстка: *Д. В. Федотов*
Корректор *Е. О. Беркутова*

Изд. № 702216979. Подписано в печать 17.05.2017. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Ньютон». Усл. печ. л. 15,0.

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.
Тел./факс: (495)648-0507, 616-0029.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU.ПЩ01.Н00695 от 31.05.2016.