

А. Ф. ЗЮЗИН, Н. З. ПОКОНОВ, М. В. АНТОНОВ

# МОНТАЖ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И УСТАНОВОК

Под редакцией *Н. З. Поконова*

*Издание третье, переработанное  
и дополненное*

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебника для учащихся электротехнических специальностей техникумов



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1986

ББК 30.8  
З-98  
УДК 621.757

Рецензенты:

*М. Б. Зевин* (Московский энергетический техникум Минэнерго СССР); *В. И. Арсентьев* (Всесоюзный заочный электромеханический техникум Минвуза РСФСР)

**Зюзин А. Ф., Поконов Н. З., Антонов М. В.**

**З-98** Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для учащихся электротехнических спец. техникумов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1986. — 415 с.: ил. В пер.: 1 р. 20 к.

В учебнике рассмотрены монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и электроустановок, внутренних электрических сетей, кабельных и воздушных линий электропередачи напряжением до 110 кВ, распределительных устройств и трансформаторных подстанций, защитного заземления, электродвигателей и аппаратов управления, контроля, защиты, наладки и испытания электрооборудования.

В третьем издании (второе — 1980 г.) особое внимание уделено вопросам организации и технологии электромонтажных и ремонтных работ.

З 2302050000-150  
001(01)-86 129—86

ББК 30.8  
6П2.1.081

© Издательство «Высшая школа», 1980

© Издательство «Высшая школа», 1986, с изменениями

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее, третье, издание учебника написано с учетом современных достижений в области индустриализации и механизации электромонтажных работ, передовой технологии их производства, организации системы эксплуатации электрооборудования на передовых предприятиях, а также научной организации труда на основе требований программы для техникумов по специальности «Электрооборудование промышленных предприятий и установок», утвержденной Учебно-методическим управлением по среднему специальному образованию Министерства высшего и среднего специального образования СССР в 1980 г.

В настоящем, третьем, издании учебника исключено описание монтажа, эксплуатации и ремонта электропроводок и электрооборудования устаревших видов; включено описание новых типов электропроводок и электрооборудования; учтены практически все замечания и предложения методических советов техникумов.

В разделе I (гл. 1—7) рассматриваются вопросы организации монтажных работ, монтажа внутренних электрических сетей, кабельных линий напряжением до 10 кВ, воздушных линий электропередачи напряжением до 110 кВ, трансформаторных подстанций и распределительных устройств, электрических машин и аппаратов управления, электрооборудования кранов и подъемников.

В разделе II (гл. 8—15) излагаются материалы по организации, а также практическому осуществлению эксплуатации внутрицеховых и межцеховых электрических сетей, осветительных установок, кабельных линий напряжением до 10 кВ, воздушных линий электропередачи напряжением до 110 кВ, трансформаторных подстанций и распределительных устройств, электроприводов, электрооборудования кранов и подъемников, термических и сварочных установок.

В разделе III (гл. 16—21) описывается ремонт электрических внутрицеховых сетей и освещения, кабельных линий напряжением до 10 кВ, воздушных линий напряжением до 110 кВ, трансформаторов и электрооборудования подстанций и распределительных устройств, электрических машин переменного и постоянного токов, пускорегулирующей аппаратуры, а также восстановление обмоточных проводов.

Учебник предназначается для учащихся электротехнических специальностей техникумов. Он может быть использован и специалистами, работающими в этой области.

Введение и гл. 1—4, 6 и 7 написаны *А. Ф. Зюзиным*, гл. 5, 9—12, 16—19 — *Н. З. Поконовым*, гл. 8, 13—15, 20—22 — *М. В. Антоновым*.

Авторы благодарны коллективам Всесоюзного заочного электромеханического техникума, Казанского, Усть-Каменогорского и Чимкентского энергетических техникумов, Запорожского индустриального техникума, Костромских химико-механического и лесомеханического техникумов, Красноярского политехникума и других за ценные замечания, сделанные по содержанию предыдущих изданий учебника, которые учтены при подготовке настоящего издания, а также преподавателю Московского энергетического техникума *М. Б. Зевину* за тщательное рецензирование, а также ценные замечания и предложения.

Все замечания и пожелания просим направлять по адресу: 101430, Москва, ГСП-4, *Неглинная ул., 29/14*, издательство «*Высшая школа*».

*Авторы*



## ВВЕДЕНИЕ

• Одним из основных факторов технического прогресса в народном хозяйстве является повышение степени электрификации всех отраслей промышленности, транспорта, связи, сельского хозяйства. Важное значение имеет расширение применения электроэнергии в быту. От того, насколько грамотно и технически обоснованно будет выполняться монтаж и эксплуатация электрооборудования и электроустановок, во многом зависит успешное решение задач технического прогресса, полноценной работы технологического оборудования, экономии энергии вообще и электрической энергии в частности.

Начало развития советских научно-исследовательских, проектных, электромонтажных организаций и электротехнической промышленности относится к 1920 г., когда страна приступила к восстановлению народного хозяйства, разрушенного во время 1-й мировой и Гражданской войн и к выполнению плана ГОЭЛРО. В восстановительный период на базе национализированных акционерных электротехнических компаний были созданы первые электротехнические организации в Москве, Петрограде, Харькове и в других городах. Эти организации занимались проектированием и монтажом электрооборудования, а также производством электрооборудования и электротехнических материалов и реализацией их через торговую сеть. Созданная в годы первых пятилеток электроэнергетика страны подверглась огромным разрушениям во время Великой Отечественной войны, но после войны была восстановлена в короткие сроки самоотверженным трудом советских людей и продолжала развиваться быстрыми темпами. Развивались и электромонтажные организации. Ныне наиболее крупные из них — это главные управления по проектированию и производству электромонтажных работ Минэнерго, Минмонтажспецстроя СССР и других министерств и ведомств. В стране создана мощная электротехническая промышленность, выпускающая продукцию на современном научно-техническом уровне. В научно-исследовательских организациях, на промышленных предприятиях, в отделах и цехах, ведающих монтажом, эксплуатацией и ремонтом электрооборудования, работают высококвалифицированные специалисты.

• Электромонтажные работы в настоящее время ведутся на высоком уровне инженерной подготовки, с максимальным переносом этих работ со строительных площадок в мастерские монтажно-заготовительных участков и на заводы электромонтажных организаций. Электромонтажные, проектные и научно-исследовательские организации совместно с электротехнической промышленностью ведут большую работу по изготовлению электрооборудования

крупными блоками и узлами. В практику электромонтажных и ремонтных работ внедряются современные механизмы, приспособления, инструменты, средства малой механизации, в том числе на основе применения пиротехники. В работе электромонтажных организаций широко используются рационализаторские предложения рабочих, инженеров и техников, направленные на повышение производительности труда и качества монтажных и ремонтных работ, а также на повышение уровня эксплуатации электрооборудования и электрических сетей. В области эксплуатации электрооборудования накоплен и обобщен большой опыт.

Монтаж и обслуживание современного электрооборудования и электрических сетей требуют глубоких знаний физических основ электротехники, конструкций электрических машин, аппаратов, знания материалов. Современная техника постоянно совершенствуется, изменяется, поэтому работающему в любой отрасли народного хозяйства необходимо, не ограничиваясь усвоенными в процессе обучения знаниями, постоянно пополнять свои профессиональные знания.

# **Раздел I. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

## **Глава I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МОНТАЖА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

### **§ 1-1. Организация строительства и структура электромонтажных организаций**

При сооружении новых и реконструкции действующих предприятий из-за специфики отдельных видов работ кроме общестроительных трестов создаются специализированные монтажные и другие организации. Работы ведутся главным образом подрядным способом, когда генеральным подрядчиком является общестроительный трест, а специализированные организации работают по договорам с этим трестом в качестве субподрядчиков. При заключении субподрядных договоров и их выполнении стороны руководствуются «Правилами о договорах подряда на капитальное строительство», «Правилами финансирования строительства», «Положением о взаимоотношениях организаций», действующим законодательством, а также «Особыми условиями», являющимися неотъемлемой частью субподрядных договоров. В этих условиях определяются взаимные обязательства сторон по отдельным вопросам, не предусмотренным Инструкцией о порядке заключения и выполнения субподрядных договоров.

Субподрядчик наряду с генподрядчиком несет ответственность за своевременную сдачу заказчику объектов, законченных строительством.

В нашей стране электромонтажные организации, как правило, объединяются Управлениями по производству электромонтажных работ, которые включают в себя монтажные тресты, проектные и научно-исследовательские организации и промышленные предприятия, изготавливающие необходимые для электромонтажных работ изделия и конструкции, не выпускаемые промышленностью. Электромонтажные тресты, как правило, организуются по территориальному признаку.

В состав треста входят монтажные и пусконаладочные управления как самостоятельные первичные производственные единицы. В исключительных случаях в непосредственное подчинение треста могут входить хозрасчетные монтажные участки на самостоятельном балансе, а также Управления производственно-технологической комплектации, базы механизации, лаборатории, учебные пункты. Монтажные и пусконаладочные управления включают в себя монтажные участки, возглавляемые старшими производителями работ (начальниками участков), участок подготовки производства, мастерские электромонтажных заготовок (МЭЗ), участок комплектации и сметно-договорной отдел.

На некоторых крупных промышленных предприятиях в целях расширения производства, его реконструкции и капитального ремонта (вплоть до строительства небольших новых цехов) создаются собственные электромонтажные участки, а иногда и монтажные управления в составе электроцехов или собственных общестроительных организаций. В этом случае работы ведутся так называемым хозяйственным способом, когда заказчик одновременно является и подрядчиком.

## § 1-2. Инженерная подготовка производства

Для выполнения электромонтажными организациями работ в заданные сроки с меньшими затратами труда и материальных ресурсов, ввода в эксплуатацию объектов в срок и досрочно с хорошим качеством выполненных работ, в целях совершенствования подготовки производства работ и проведения их на основе научной организации труда в монтажных управлениях создаются службы инженерной подготовки производства — участок подготовки производства, сметно-договорной отдел, мастерские электромонтажных заготовок и участок комплектации, складирования и транспорта (рис. 1-1).

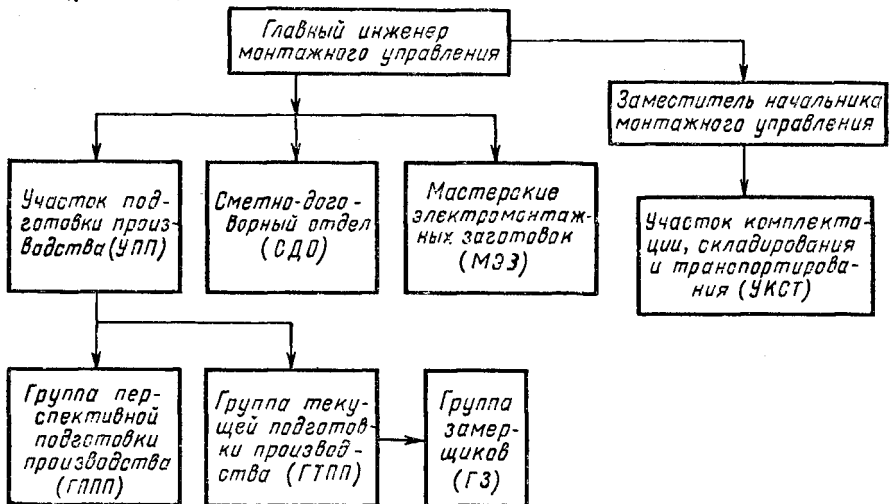


Рис. 1-1. Структурная схема службы подготовки производства монтажного управления

В участок подготовки производства (УПП) входят:

Группа перспективной подготовки производства (ГППП), осуществляющая получение, учет, хранение проектно-сметной документации, ее изучение, выявление в ней недоработок, устранение их, а также внесение в проект совместно с проектными организациями в случае необходимости изменений. При этом имеют в виду унификацию и типизацию монтажных узлов

и блоков с учетом максимальной индустриализации работ и применения электромонтажных модулей, изготавливаемых промышленностью и заводами электромонтажных организаций, и подготовку документации к передаче ее монтажникам для производства работ. Кроме того, ГППП совместно со сметно-договорным отделом (СДО) проверяет сметную документацию на весь объем работ, выявляет и устраняет (через проектные организации) в ней дефекты; осуществляет разработку проектов производства работ (ППР) при участии группы текущей подготовки производства (ГТПП) и СДО; определяет объемы работ по отдельным видам и объектам, включенным в план монтажного управления на последующие годы; составляет ведомости на изделия, оборудование и материалы, необходимые для выполнения работ, и определяет очередность их поставок на основании графиков строительства объектов по согласованию с заказчиком; определяет по предполагаемому объему и видам работ численность электромонтажного персонала и его квалификацию, а также потребность в механизмах, приспособлениях и инструменте; совместно с СДО участвует в подготовке субподрядных договоров, уточняя объемы работ, сроки ввода в эксплуатацию объектов, поставок заказчиком и генподрядчиком оборудования и материалов, особые условия.

Группа текущей подготовки производства (ГТПП), которая осуществляет получение набора работ от монтажных участков, составляет план работ, обеспечивающий в соответствии с ППР изготовление в МЭЗе изделий и блоков (до начала монтажных работ на объекте), разрабатывает для этого эскизы и чертежи узлов и блоков, подготавливает соответствующие заказы с калькуляциями на изделия, предусмотренные заказом, и осуществляет контроль за качеством их выполнения; разрабатывает лимитные карты и комплектовочные ведомости на материалы и оборудование для монтажного участка по объектам и циклам работ; готовит приемо-сдаточную документацию; осуществляет авторский надзор за выполнением ППР на объектах строительства и в МЭЗе; производит необходимые замеры и привязки на месте для составления эскизов и чертежей.

Сметно-договорный отдел (СДО), производящий подготовку, оформление субподрядных договоров с генподрядчиками, субподрядными и другими организациями на объекты, включенные в план работы монтажного управления; согласование сметной документации с разбивкой ее по этапам и комплексам работ; контроль за расчетами с заказчиками за выполненные работы; определение размеров авансов; подготовку расчетов с заказчиками по этапам, определенным в сметах. СДО принимает участие в претензионной работе с заказчиками и генподрядчиками в случае нарушения ими договорных обязательств и в проведении контрольных обмеров выполненных работ.

Мастерские электромонтажных заготовок (МЭЗ), выполняющие заказы ГТПП по эскизам и чертежам в соответствии с выданными калькуляциями согласно сводному

совмещенному плану-графику работы УПП, МЭЗ и УКСТ — участка комплектации, складирования и транспортирования. Материалы и оборудование, необходимые для выполнения заказов МЭЗ, получают от УКСТа в соответствии с лимитно-комлектовочными ведомостями. Готовые изделия сдают в УКСТ для доставки в монтажную зону.

Участок комплектации, складирования и транспортирования, состоящий из групп реализации, складирования, комплектации и транспортирования, получает материалы и оборудование от заказчика и генподрядчика, заводов и сбытовых организаций. Он обеспечивает монтажное управление инструментом и приспособлениями, ведет складское и контейнерное хозяйство, учет материальных ценностей, пакетирует материалы и оборудование и доставляет их в контейнерах на монтажные площадки.

Проект организации работ (ПОР) включает в себя пояснительную записку с перечнем объектов строительства, физические объемы работ, их сметную стоимость, подсчет трудоемкости, расчет потребности в людских ресурсах, укрупненный график работ, поступления материалов и оборудования и сдачи объектов под монтаж, план размещения производственных и бытовых помещений монтажных и строительных организаций, сметно-финансовые расчеты, схему грузопотоков внутри строительной площадки, предложения по технике безопасности и охране труда, снабжения площадки водой, электроэнергией и другие рекомендации.

Проект производства работ (ППР) выполняется участком подготовки производства с привлечением линейного персонала монтажного управления или проектной организацией за счет монтажного управления. Он является главным разделом инженерной подготовки производства, которым руководствуется линейный инженерно-технический персонал. ППР включает в себя: технологические карты на монтаж сложного электрооборудования, узлов электропроводок и вторичных цепей; календарный план производства электромонтажных работ по отдельным объектам пускового комплекса с уточненными по рабочим чертежам физическими объемами работ с указанием необходимых трудозатрат; ведомость электроустановочных изделий, электроконструкций и других монтажных изделий, подлежащих заказу и изготовлению на заводах электромонтажных трестов; ведомость нестандартных и нетиповых электроконструкций и деталей, подлежащих изготовлению в мастерских электромонтажных заготовок; ведомость элементов оборудования, электроконструкций, электропроводок и трубных разводов, подлежащих предварительной укрупнительной сборке в блоки и узлы в мастерских электромонтажных заготовок; ведомость необходимого для выполнения всего объема работ электротехнического оборудования и вспомогательных материалов и ведомость комплектации оборудования и материалов; график очередности поставки материалов, конструкций и монтажных изделий, получаемых от монтажного управления, треста, генподрядчи-

ка и заказчика; ведомость необходимых монтажных машин, механизмов, аппаратов, приспособлений и инструмента; рекомендации по внедрению передовой монтажной технологии; предложения по организации труда; ведомость передвижных и сборно-разборных сооружений и инвентарных устройств и приспособлений; календарный план-график движения рабочей силы по специальности и квалификации с указанием источников покрытия недостающего количества рабочих; пояснительную записку с необходимыми обоснованиями основных решений ППР и потребности в монтажных машинах и приспособлениях со следующими технико-экономическими показателями: продолжительность выполнения электромонтажных работ; уровень индустриализации и механизации электромонтажных работ; среднедневная выработка одного рабочего по основным видам электромонтажных работ в физическом выражении и средняя выработка по электромонтажному участку в денежном выражении; объем подлежащих выполнению электромонтажных работ в денежном выражении для первой очереди объекта с разбивкой по этапам; указания по технике безопасности.

В технологических картах разрабатываются следующие вопросы: объем подлежащих выполнению электромонтажных работ в физическом выражении и технология их выполнения; трудозатраты (по ЕНиР), необходимые для выполнения работ, а также количественный и квалификационный состав бригад; ведомость необходимых машин, механизмов, приспособлений и инструментов; ведомость изделий и работ, выполняемых в МЭЗе; ведомость вспомогательных материалов; календарный график выполнения работ; основные указания о последовательности и методах производства работ и организации труда. Эти карты являются обязательными документами по организации труда в электромонтажном производстве. Разработку карт выполняют и утверждают различные министерства и ведомства в централизованном порядке. Они могут быть типовые и местные. Их разрабатывают целиком на технологические процессы (монтаж комплектных магистральных шинопроводов укрупненными блоками) или на отдельные операции (блочный монтаж электрооборудования мостовых кранов до подъема их ферм на проектные отметки).

Для небольших объектов монтажа ППР разрабатывают в сокращенном виде и включают в них только часть из перечисленных выше элементов в сжатом виде.

На стройках широко применяется *автоматическая система организации работ (АСОР) или сетевое планирование и управление (СПУ)*. В основе этого метода лежит разработка сетевого графика — условной экономико-математической модели производственного процесса. В графике отражается взаимосвязь между работами в технологической последовательности их выполнения и точно указаны работы, от которых зависит заданный срок выполнения. Кроме взаимосвязи и выполнения отдельных работ в сетевом графике обуславливаются сроки сдачи строительной части объектов под монтаж, поставки оборудования, материалов,

изделий и т. п. Сетевые графики составляют на строительство комплексов, в которых участвует большое количество организаций, а также для выполнения только монтажных работ (например, монтаж воздушных линий электропередачи, подстанций и др.), если даже на строительстве не введено СПУ.

Локальный сетевой график охватывает только часть работ по отдельной самостоятельной части проекта и является частью комплексного сетевого графика.

На рис. 1-2 приведен сетевой график, на котором показаны безмасштабные стрелки, обозначающие работы, и кружки, характеризующие события.

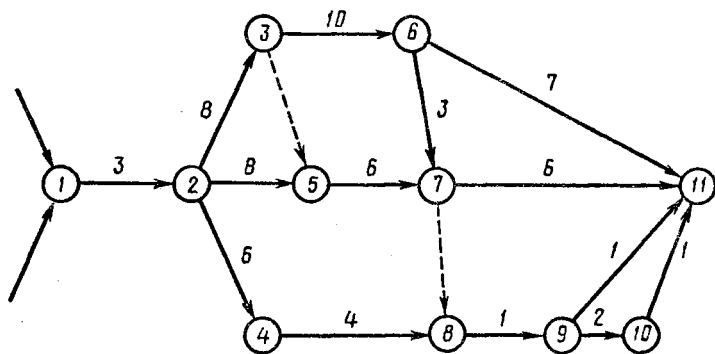


Рис. 1-2. Сетевой график

Под *работой* понимают любой трудовой процесс, связанный с затратами времени, трудовых и материальных ресурсов, а также с процессом ожидания и технологической зависимости. Например, электромонтажные работы, ожидание в связи с прогревом кабеля перед прокладкой, поставки оборудования, электроконструкций и т. п.

Под *событием* понимают итог определенной деятельности, промежуточный или окончательный результат выполнения одной или нескольких работ, предшествующих данному событию, позволяющий начать следующие работы, выходящие из этого события. События не имеют длительности, они свершаются мгновенно, а их свершение означает, что открыт фронт для последующих работ; каждое событие имеет номер, поставленный внутри кружка (см. рис. 1-2).

Работы, связанные с затратой времени и ресурсов, обозначают сплошной линией со стрелкой. Работы, характеризующие процесс ожидания или технологической зависимости, обозначают штриховыми линиями со стрелами. Стрелки, обозначающие работы, выходят из события, предшествующего работе, и входят в последующее событие. Цифры вблизи линий указывают продолжительность работ в днях.



### § 1-3. Техническая документация и общие условия производства электромонтажных работ

Производство электромонтажных работ регламентируется технической и директивной документацией.

*Основным техническим документом служит проект электроустановки, в строгом соответствии с которым и должны производиться электромонтажные работы. Изменять принятые проектом технические решения, если они носят принципиальный характер, допускается только по согласованию с проектной организацией — автором проекта. Изменения непринципиального характера производят по согласованию с заказчиком.*

*Основными директивными документами, требования которых подлежат безусловному выполнению при производстве электромонтажных работ, являются действующие Правила устройств электроустановок (ПУЭ) и Строительные нормы и правила (СНиП). На основе директивных документов в монтажных организациях создают монтажные инструкции и технологические карты, а поставщики электрооборудования и материалов разрабатывают заводские инструкции, которыми исполнители электромонтажных работ руководствуются в своей практической деятельности.*

Существующие монтажные инструкции, являясь директивными документами, в которых регламентирована технология выполнения работ, отражены нормы и правила, приведены характеристики применяемых материалов, приспособлений, механизмов и др., не могут в полной мере отразить высокоэффективные приемы работ, обеспечивающие максимальную производительность труда. Инструкции отражают требования, предъявляемые к исполнению определенного технологического комплекса, но не содержат подробного анализа приемов, необходимых для достижения этих требований.

Поэтому разрабатываются *технологические карты трудовых процессов*. В них определяются технологическая последовательность рабочего процесса; передовые приемы и методы труда; перечень применяемых механизмов, приспособлений и инструментов; рекомендации по укрупнению оборудования и изделий в монтажные узлы; нормативные материалы — график трудового процесса, калькуляция затрат труда, схема организации рабочих мест, количественный состав бригады, звена, их квалификация и др. Наличие технологических карт позволяет монтажным бригадам выполнять работы на достигнутом к данному времени уровне и обеспечить более высокую степень текущего контроля.

ПУЭ разработаны с учетом проведения плановых и профилактических испытаний в условиях эксплуатации и ремонта электроустановок и электрооборудования; обучения обслуживающего персонала и проверки у него знаний правил технической эксплуатации и правил техники безопасности.

Применяемые при монтаже электроустановок машины, трансформаторы, электроконструкции, измерительные приборы, прово-

да, кабели, изоляционное масло и другие материалы и электрооборудование должны отвечать требованиям соответствующих ГОСТов или технических условий, утвержденных в установленном порядке. При этом конструкция, вид исполнения, способ установки и изоляция электрооборудования должны соответствовать номинальному напряжению электроустановки, условиям окружающей среды и требованиям соответствующих разделов и глав ПУЭ.

Монтируемое электрооборудование и материалы по своим нормативным, гарантийным и расчетным характеристикам должны соответствовать условиям работы данной сети или электроустановки. При их выборе учитывается опыт эксплуатации и монтажа, требования по технике безопасности и пожарной безопасности. Монтаж электрооборудования и электросетей выполняют в строгом соответствии также с требованиями СНиПа Госстроя СССР.

Строительные материалы и конструкции по степени возгораемости в соответствии с противопожарными требованиями подразделяют на три группы: *несгораемые материалы*, которые под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются; *трудногораемые материалы*, которые под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть при наличии источника огня; *сгораемые материалы*, которые под воздействием огня и высокой температуры воспламеняются или тлеют и продолжают гореть после удаления огня.

Строительную часть электроустановок (здания, конструкции и др.) выполняют в соответствии с требованиями действующих Строительных норм и правил при обязательном выполнении дополнительных требований ПУЭ. Для защиты от коррозии электрооборудование, конструкции и другие элементы электроустановок покрывают защитной краской, стойкой к воздействиям окружающей среды; при этом цвет окраски должен соответствовать созданию необходимого эстетического вида установки.

Прикосновение к непокрытым изоляцией токоведущим частям электроустановки опасно для жизни человека, поэтому в электроустановках предусматривают простые и наглядные схемы, соответствующие надписи, маркировку, расцветку и надлежащее расположение элементов установок для распознавания неизолированных частей. Окраску одноименных токоведущих шин в каждой электроустановке выполняют одинаковой в соответствии с требованиями действующих ПУЭ.

Для электротехнической установки большое значение имеет характер окружающей среды, в которой работают элементы установки, — температура, влажность, наличие пыли, химически активных веществ и т. п. Поэтому в зависимости от среды помещения подразделяют на сухие, с нормальной средой, влажные, сырые, жаркие, пыльные, с химически активной средой, взрывоопасные и пожароопасные. Наружные установки, в которых применяют или хранят взрывоопасные газы, пары, жидкие или горючие вещества, относят соответственно к взрывоопасным или пожароопасным.

К производству электромонтажных работ на объектах строительства разрешается приступать только при наличии технической документации (проектов и смет), проекта производства работ, строительной готовности объекта, кранового оборудования, а также других грузоподъемных средств, обеспечивающих механизацию монтажа, а также электрооборудования, кабельной продукции и материалов, предусмотренных согласованным графиком производства работ.

Специальные работы, требующие особой подготовки исполнителей (монтаж ртутных выпрямителей, аккумуляторных батарей, сварочные работы, работы с пиротехническим инструментом, такелажные работы и др.), должны выполняться только лицами, прошедшими соответствующее обучение по технологии выполнения работ и правилам техники безопасности. На право проведения таких работ выдаются специальные документы.

Успешный монтаж характеризуется не только обеспечением высокой надежности и хорошим эстетическим видом смонтированной установки. Важно, чтобы работы были выполнены в короткие сроки при минимальных затратах труда и материальных ресурсов. Обеспечить эту сторону электромонтажного производства призваны ППР, а также АСОР.

Вся проектная техническая документация анализируется заказчиком, который перед передачей ее монтажной организации для производства работ обязан поставить на ней подпись или штамп «Разрешается к производству работ». В монтажном управлении техническая документация и сметы тщательно изучаются персоналом производственного отдела совместно с персоналом группы подготовки производства и линейными инженерно-техническими работниками (начальниками монтажных участков, производителями работ, мастерами).

Замечания по всем обнаруженным недостаткам проекта направляются в проектные организации для внесения в проект согласованных поправок и дополнений. Если на строительной площадке присутствует представитель проектной организации в качестве авторского надзора, то все возникающие вопросы решают через него. Затем проект и сметы передают на монтажно-заготовительный участок или в группу проектировщиков-сметчиков при производственном отделе управления для составления ППР и после этого в группу подготовки монтажно-заготовительного участка для подготовки производства.

В отдельных случаях проект дорабатывает монтажная организация — замена некоторого оборудования и материалов, внесение небольших изменений, связанных с несоответствием отдельных узлов электротехнического проекта строительным и технологическим конструкциям, внедрение типовых электроконструкций и монтажных изделий заводов монтажной организации, составление дополнительных чертежей и эскизов на укрупненные монтажные узлы и блоки, а также на отдельные конструкции и привязки проекта по месту.

## § 1-4. Организация работ

Монтаж электропроводок, как и другие виды электромонтажных работ, выполняют в две стадии. На первой стадии осуществляют заготовительные работы в мастерских электромонтажных заготовок и подготовительные непосредственно на монтажных объектах. В мастерских (вне зоны монтажа и независимо от строительной готовности монтируемого объекта) изготавливают и собирают укрупненные блоки — шинные, трубные, заземления, электропроводок, кабельных линий и т. п. Непосредственно на монтажной площадке при определенной готовности строительных работ производят: разметку и подготовку трасс электрических сетей и заземляющих устройств; закладку труб в фундаменты и другие строительные основания при переходе из одного помещения в другое и при выходе наружу; осуществляют контроль за установкой строителями или выполняют установку закладных элементов и деталей для последующего крепления к ним электрооборудования и конструкций; осуществляют контроль за образованием в процессе строительства проемов, ниш, гнезд, борозд, необходимых для установки электрооборудования и монтажа электропроводок.

На второй стадии выполняют 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 электрооборудования, должны быть в таком состоянии, которое обеспечивает нормальное и безопасное ведение электромонтажных работ, защиту монтируемого оборудования, кабельных изделий и электроматериалов от влияния атмосферных осадков, грунтовых вод и низких температур, от загрязнения и случайных повреждений при производстве дальнейших работ смежными организациями.

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

В целях сокращения сроков монтажа силового электрооборудования на объектах строительства, повышения производительности труда, экономного расходования материально-технических ресурсов, улучшения качества и снижения себестоимости электромонтажных работ вводится хозяйственный расчет. Такой расчет внедряют хозрасчетные бригады, работающие методом бригадного подряда. Метод бригадного подряда применяется на монтаже

электрооборудования типовых объектов или объектов промышленного строительства, на которых осуществляется комплектная доставка материалов, конструкций и изделий мастерских.

Переводу бригады на хозрасчет предшествует инженерная подготовка производства работ, разработка планово-расчетных цен на материалы, календарных графиков загрузки бригады, графиков производства работ и доставки на объект комплектов материалов, конструкций и изделий мастерских, плановых показателей работы бригады.

Основным источником повышения производительности труда, снижения себестоимости монтажа, повышения качества работ и сокращения сроков их выполнения является индустриализация работ. Под *индустриализацией электромонтажных работ* понимают совокупность организационных и технических мероприятий, обеспечивающих выполнение возможно большего объема работ вне строительной площадки на заводах промышленности и монтажных организаций, а также в мастерских монтажно-заготовительных участков. Необходимый уровень механизации электромонтажного производства и правильное использование средств механизации труда определяются планом механизации работ, входящим в состав ППР.

При производстве работ наряду с крупными машинами и механизмами широко применяются средства малой механизации, особенно для мелких ручных работ, осуществляемых непосредственно на строительной площадке и в мастерских, а также различные приспособления, в том числе и разработанные рационализаторами.

Комплексную механизацию электромонтажных работ в настоящее время практически осуществляют в мастерских на технологических линиях по обработке сортовой стали, шин, стальных труб, на стендах заготовки электропроводок и кабельных линий, пластмассовых трубных разводов, а также на строительстве воздушных линий электропередачи путем организации высокомеханизированных колонн.

Учитывая значительную удаленность монтажных участков от центральной базы и в целях оперативности как в руководстве работами, так и для лучшего маневрирования крупными механизмами (краны, гидродъемники, ямобуры и др.) широко применяют систему радиосвязи с участками, специальными механизмами, базами механизации и т. п.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какова структура электромонтажных организаций?
2. Какие функции возложены на службы инженерной подготовки производства?
3. Что является основным техническим документом при электромонтажных работах?
4. Что является основным директивным документом при электромонтажных работах?

§ 2-1. Требования к электропроводам. Определения

Электрическая энергия к различным электроприемникам (светильникам, электродвигателям, электрическим печам и др.) подводится по проводникам различных конструкций, к которым относят провода, кабели и различные токопроводы. Совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями и деталями называют *электропроводкой*. По способу выполнения электропроводка может быть открытой (стационарной, переносной, передвижной), если она проложена по поверхности стен и потолков, по балкам и фермам, и скрытой, если она проложена внутри конструктивных элементов зданий или сооружений (в полах, перекрытиях, стенах и т. п.)

По месту расположения самым распространенным типом электропроводки является электропроводка внутри зданий, помещений и сооружений, т. е. *внутренняя электропроводка*. *Наружной электропроводкой* называют электропроводку, проложенную по наружным стенам зданий и сооружений или между ними, под навесами, а также на опорах, имеющих не более четырех пролетов длиной до 25 м каждый, установленных вне улиц, дорог и т. п.

*Вводом от воздушной линии* электропередачи называется электропроводка, соединяющая ответвление от воздушной линии электропередачи с внутренней электропроводкой, считая от изолятора, установленного на наружной поверхности (стене, крыше) здания или сооружения, до зажимов вводного устройства внутри здания (рис. 2-1). Ответвление от воздушной линии (ВЛ) к вводу в здание при напряжении до 1000 В не является наружной электропроводкой и относится к ВЛ.

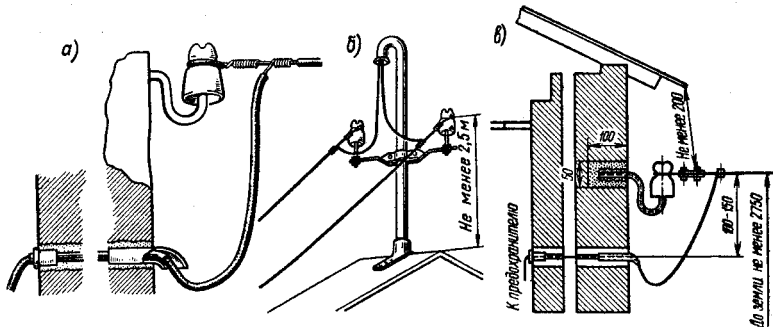


Рис. 2-1. Устройство ввода от воздушной линии:

а — ввод ниже крыши; б — ввод через крышу; в — ввод вблизи крыши

Внутренняя открытая электропроводка выполняется *струнной*, если несущим элементом является стальная проволока (струна) или металлическая полоса, закрепленные вплотную к несущей поверхности (стене, потолку) и предназначенные для крепления к ним проводов, кабелей или их пучков; *тросовой*, когда провода,

кабели или их пучки крепятся к стальной проволоке или канату, натянутым в воздухе; в *коробах*, представляющих собой закрытую полую конструкцию прямоугольного или круглого сечения, предназначенную для прокладки в них проводов и кабелей (короба применяются и в наружных установках); в *лотках*, изготовляемых из негоряемых материалов (как правило, металлические сплошные, перфорированные или решетчатые); в стальных или пластмассовых трубах.

*Скрытую электропроводку* выполняют в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в штукатуренных бороздах, под штукатуркой, а также замоноличенными в строительные конструкции при их изготовлении.

*Открытые электропроводки* выполняют также токопроводами, под которыми понимают устройства, состоящие из неизолированных или изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций. В зависимости от вида проводников их подразделяют на гибкие (из проводов) и жесткие (из жестких шин).

Жесткий токопровод напряжением до 1000 В заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями, называют *шиннопроводом*. В зависимости от назначения их подразделяют на магистральные, распределительные, троллейные и осветительные.

Изолированные гибкие провода подразделяют на защищенные и незащищенные. Защищенные провода поверх электрической изоляции имеют оболочку (металлическую, пластмассовую) для предохранения от механических повреждений.

В стальных и других механически прочных трубах, рукавах, коробах, лотках и замкнутых каналах строительных конструкций зданий и сооружений допускается совместная прокладка проводов и кабелей всех цепей одного агрегата, силовых и контрольных цепей нескольких агрегатов или машин, панелей, щитов управления и других, связанных технологическим процессом; цепей, питающих сложный светильник, нескольких групп одного вида освещения с общим числом проводов в трубе не более восьми; осветительных цепей напряжением до 42 В с цепями напряжением свыше 42 В, заключив провода цепей напряжением до 42 В в отдельную изоляционную трубу. Не следует совместно прокладывать взаиморезервирующие цепи рабочего и аварийного освещения, а также осветительные цепи напряжением до 42 В с цепями напряжением свыше 42 В. Совместно эти цепи прокладывают лишь в разных отсеках коробов и лотков, имеющих сплошные перегородки из негоряемых материалов. В целях избежания опасного нагрева стальных и изоляционных труб со стальной оболочкой, вследствие образования в них переменного магнитного поля при переменном или выпрямленном токе фазные и нулевой или прямой и обратный проводники прокладывают в них только в случае, если длительный ток в проводниках не превышает 25 А.

Провода и кабели прокладывают по несгораемым строительным конструкциям зданий, а также по каналам в них. При прокладке незащищенных проводов принимают меры, исключающие случайное касание к сгораемым поверхностям. В электротехнических и производственных помещениях в кабельных каналах прокладывают только кабели и провода с оболочками, не поддающимися возгоранию.

Соединения и ответвления проводов и кабелей выполняют так, чтобы они не испытывали механических усилий и жилы проводов и кабелей были изолированы. Соединения и ответвления проводов, проложенных внутри неоткрывающихся коробов, в трубах и в гибких металлических шлангах, проложенных открыто или скрыто, выполняют в соединительных и ответвительных коробках. Внутри коробов со съемными крышками и в лотках соединения и ответвление проводов выполняют в специальных зажимах с изолирующими оболочками, обеспечивающими непрерывность изоляции. Провода в местах выхода из жестких труб и гибких металлических рукавов защищают от повреждений втулками, раззенковкой концов труб и другими способами. При этом в местах соединения, ответвления и присоединения жил предусматривают запас провода или кабеля, обеспечивающий возможность повторного соединения, ответвления или присоединения проводов и кабелей в местах, доступных для осмотра и ремонта.

Там, где электропроводки или токопроводы пересекают температурные и осадочные швы, устанавливают компенсирующие устройства, которые конструктивно выполняют в зависимости от вида проводки. В случае, когда под воздействием изменений температуры и вибрации деформация жестких электропроводок может вызвать опасные механические напряжения проводов или изоляторов, принимают меры к устранению этих напряжений с помощью компенсаторов и других подобных им приспособлений. Ленточные и гибкие токопроводы не требуют установки компенсаторов линейного расширения в местах пересечения ими температурных швов.

Неразъемные соединения токопроводов, как правило, выполняют с помощью сварки. Чтобы легче распознать открытые и защищенные токопроводы, их покрывают защитной краской, аналогичной окраске шин распределительных устройств и подстанций.

Виды электропроводки и способы прокладки проводов и кабелей, применяемых в зависимости от характеристики окружающей среды, определяются в соответствии с требованиями ПУЭ. Провода и кабели, прокладываемые в коробах и лотках, обязательно маркируют.

При открытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов расстояние в свету от провода (кабеля) до поверхности оснований, конструкций, деталей из сгораемых материалов предусматривают не менее 10 мм или отделяют их от поверхности слоем несгораемого материала, выступающего с каждой стороны провода (кабеля) не менее чем на 10 мм.



При скрытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов в закрытых нишах, в пустотах строительных конструкций (например, между стеной и облицовкой), в бороздах и других местах с наличием сгораемых конструкций провода и кабели защищают сплошным слоем несгораемого материала со всех сторон.

При открытой прокладке труб и коробов из трудносгораемых материалов по несгораемым и трудносгораемым основаниям и конструкциям расстояние в свету от трубы (короба) до поверхности окружающих конструкций, деталей из сгораемых материалов принимают не менее 100 мм или их отделяют со всех сторон от этих поверхностей сплошным слоем несгораемого материала (штукатурка, алебастр, цементный раствор, бетон и т. п.) толщиной не менее 10 мм.

При скрытой прокладке труб и коробов из трудносгораемых материалов в закрытых нишах, в пустотах строительных конструкций (например, между стеной и облицовкой), в бороздах и других местах трубы и короба отделяют со всех сторон от поверхностей конструкций, деталей из сгораемых материалов сплошным слоем несгораемого материала толщиной не менее 10 мм.

Для стационарных электропроводок должны применяться преимущественно провода и кабели с алюминиевыми жилами. Не допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами для присоединения к электротехническим устройствам, установленным непосредственно на виброизолирующих опорах. В музеях, картинных галереях, библиотеках, архивах и других хранилищах союзного значения следует применять провода и кабели только с медными жилами.

Незащищенные изолированные провода при напряжении свыше 42 В в помещениях без повышенной опасности и при напряжении до 42 В в любых помещениях прокладывают на высоте не менее 2 м, а в помещениях с повышенной опасностью и особоопасных при напряжении свыше 42 В — на высоте не менее 2,5 м от пола или уровня площадки обслуживания. На спуски к выключателям, штепсельным розеткам, щиткам, пусковым аппаратам, светильникам, устанавливаемым на стене, это требование не распространяется, кроме производственных помещений, где эта часть проводки защищается от механических повреждений на высоте не менее 1,5 м от уровня пола или от площадки обслуживания.

Если незащищенные изолированные провода пересекаются с незащищенными или защищенными изолированными проводами с расстоянием между проводами менее 10 м, то в местах пересечения на каждый незащищенный провод накладывают дополнительную изоляцию. При пересечении трубопроводов незащищенными и защищенными проводами и кабелями их располагают на расстоянии не менее 50 мм друг от друга, а от трубопроводов, содержащих горючие или легковоспламеняющиеся жидкости и газы, не менее 100 мм. При расстоянии между ними менее 250 мм провода и кабели дополнительно защищают от механических повреждений

на длине не менее 250 мм в каждую сторону от трубопровода. От горячих трубопроводов провода и кабели защищают теплоизоляцией, если они не специального теплостойкого исполнения.

В местах прохода проводов и кабелей через стены, междуэтажные перекрытия или выхода их наружу обеспечивают возможность смены электропроводки. Для этого проход выполняют в трубе, коробе, проеме и т. п. Чтобы предотвратить проникновение и скопление воды и распространение пожара в местах прохода через стены, перекрытия или выхода наружу зазоры между проводами, кабелями и трубой (коробом, проемом и т. п.), а также резервные трубы (короба, проемы и т. п.) заделывают легко удаляемой массой из несгораемого материала. Заделка должна допускать замену, дополнительную прокладку новых проводов и кабелей и обеспечивать предел огнестойкости проема не менее предела огнестойкости стены (перекрытия).

При прокладке незащищенных проводов на изолирующих опорах провода дополнительно изолируют (например, изоляционной трубой) в местах проходов через стены или перекрытия. При проходе этих проводов из одного сухого или влажного помещения в другое сухое или влажное помещение все провода одной линии прокладывают в одной изоляционной трубе.

При проходе проводов из сухого или влажного помещения в сырое, из одного сырого помещения в другое сырое или при выходе проводов из помещения наружу каждый провод прокладывают в отдельной изоляционной трубе. При выходе из сухого или влажного помещения в сырое или наружу соединения проводов выполняют в сухом или влажном помещении.

На лотках, опорных поверхностях, тросах, струнах, полосах и других несущих конструкциях провода и кабели прокладывают вплотную один к другому пучками (группами) различной формы (например, круглой, прямоугольной в несколько слоев). Провода и кабели каждого пучка должны скрепляться между собой. В коробах провода и кабели прокладывают многослойно с упорядоченным и произвольным (россыпью) взаимным расположением.

## **§ 2-2. Подготовка трассы и крепление электропроводок**

На стройплощадках до сих пор ведутся ручные работы по пробивке отверстий и борозд. Эти работы механизуют с помощью ручных механизмов с использованием пневматической, гидравлической и электрической энергии, а также механизмами и приспособлениями, приводимыми в действие силой взрыва пороховых газов. К средствам малой механизации относят ручные электросверлилки, пневматические молотки, перфораторы, гидравлические прессы, строительно-монтажные пистолеты, электромагнитобуры, электромолотки, бороздофрезы, пороховые колонки, ручные и пиротехнические оправки, электрошлифовальные машины, универсальный электрифицированный привод, различные домкраты, лебедки, тали, механизмы для обработки стальных труб

и др. Применение того или иного механизма определяется характером выполняемых с его помощью работ.

Выбор механизма для пробивки отверстий, борозд и ниш определяется их размером, а также материалом строительных конструкций. Для бетонов прежде всего следует учитывать характер инертного наполнителя бетона, а не их марку. Бетоны, имеющие в качестве наполнителя кирпич или известняк, а также кирпичные, шлакобетонные, гипсолитовые и подобные им наполнители, вследствие их малой абразивности сравнительно легко поддаются сверлению инструментом, оснащенным пластинками твердого сплава (рис. 2-2, *а, б, в*). Для сверления отверстий в строительных основаниях применяют сверлилки серии ИЭ на напряжение 220 В промышленной частоты (50 Гц) с двойной изоляцией, а также на напряжение 36 В частоты 200 Гц. Бетоны с наполнителями из песчаника или гранита, имеющие большую твердость и абразивность вследствие большого содержания кварца, не могут обрабатываться сверлением. В этом случае применяют инструмент ударно-вращательного или ударно-поворотного действия.

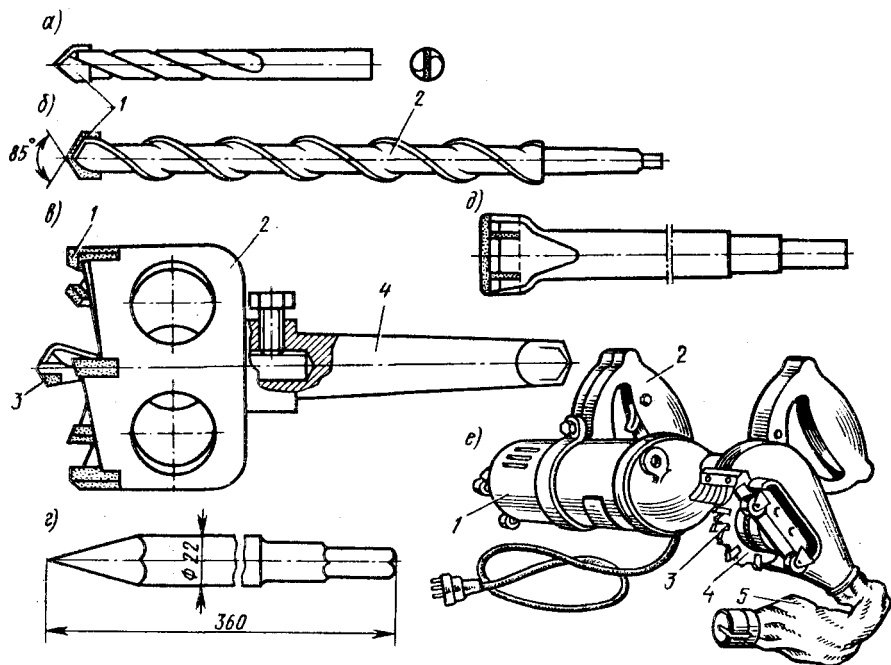


Рис. 2-2. Инструмент для пробивки отверстий, ниш и борозд:

*а* — спиральное сверло; *б* — сверло из витой стали для глубоких отверстий: 1 — пластинка твердого сплава; 2 — корпус; 3 — центрирующее сверло; 4 — хвостовик; *в* — коронка; *г* — лом к пневматическому молотку для пробивки ниш и борозд; *д* — скарпель; *е* — механизм для пробивки борозд: 1 — электропривод; 2 — рукоятка; 3 — пластинка твердого сплава; 4 — фреза; 5 — пылесборник

Для пробивки гнезд и отверстий ударно-вращательным методом применяют электрические и пневматические молотки с насадками в виде спиральных буров (для отверстий диаметром до 12 мм), шлямбуров (для отверстий диаметром 20—30 мм), буров со съёмными головками (для отверстий диаметром 50—80 мм), скарпелей прямых (рис. 2-2, *д*), ломиков для пробивки ниш и борозд (рис. 2-2, *е*). Для пробивки небольших борозд в кирпичных стенах и гипсолитовых перегородках применяют электросверлилки со специальными насадками (рис. 2-2, *е*).

При креплении проводок и аппаратов применяют пластмассовые и металлические дюбели, дюбели с волокнистым наполнением и распорной гайкой, болты, шпильки, скобы, штыри, крюки, а также специальные дюбели для строительно-монтажных пистолетов и ручных оправок (рис. 2-3).

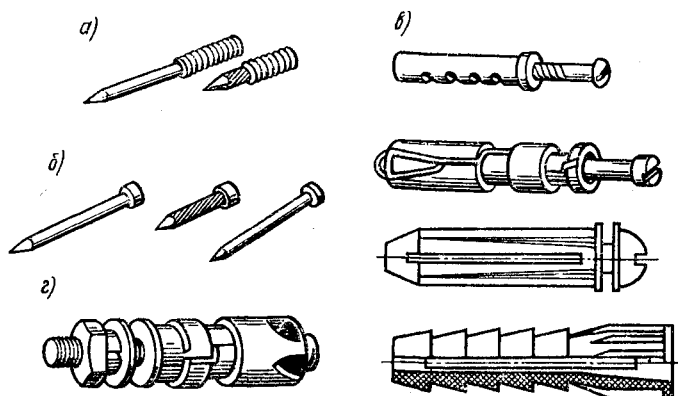


Рис. 2-3. Дюбели:

*а* — с наружной резьбой; *б* — гвоздеобразные; *в* — распорные; *г* — с распорной гайкой

Для заготовки отверстий под пластмассовые или металлические дюбели с волокнистым наполнением применяют специальные пробойники для ручного молотка, а для забивки дюбелей типа гвоздей — ручную оправку типа ОД-6.

Для образования отверстий в строительных конструкциях из кирпича, бетона и подобных материалов отечественная промышленность выпускает специальные ручные электросверильные машины и переставные электрические станки; наряду с ними могут применяться и ручные электрические сверлильные машины общепромышленного назначения (например, для сверления по металлу) (рис. 2-4).

В зависимости от массы ручные сверлильные машины применяют «пистолетного типа», удерживаемые в процессе работы одной рукой; машины с двумя рукоятками (закрытой центральной и боковой), удерживаемые в работе обеими руками; машины с двумя боковыми рукоятками и грудным упором на задней стенке для

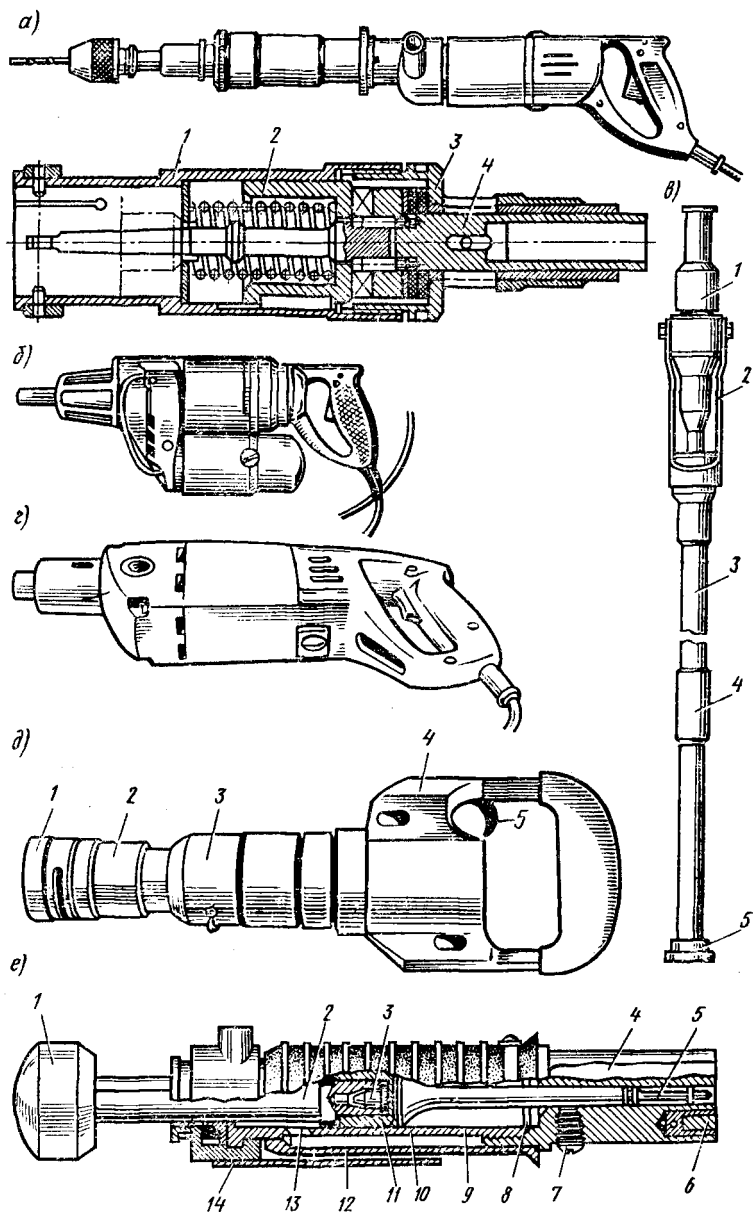


Рис. 2-4. Инструмент для подготовки креплений электропроводок:

а — электросверлилка с ударно-поворотной насадкой (общий вид и устройство насадки): 1 — корпус; 2 — ударный механизм (боек); 3 — головка; 4 — шпindelь; 6 — электромагнитный бур ударно-вращательного действия типа УК-2М; в — ударная колонка: 1 — пиротехническая головка; 2 — узел поворота и амортизации головки; 3 — штанга; 4 — муфта; 5 — подпятник; г — сверлилка типа ИЭ-1022А; д — пиротехнический молоток: 1 — прижим; 2 — наконечник; 3 — муфта; 4 — коробка с рукояткой; 5 — спусковой рычаг; е — оправка типа ОДП: 1 — насадка; 2 — зарядный шток; 3 — патрон; 4 — фланец; 5 — дюбель; 6 — магнит; 7 — винт; 8 — амортизатор; 9 — корпус; 10, 13 — выхлопные отверстия; 11 — бойковый выступ; 12 — кожух; 14 — планка

более удобного удерживания и создания повышенного осевого давления. Применяют также сверлильные машины с комплектом насадок для выполнения различных операций (например, типа ИЭ-6006). Кроме того, применяют электрические молотки (электромеханические и фугальные — с двигателем возвратно-поступательного движения), пневматические сверлильные машины, перфораторы, а также пиротехнические пистолеты и оправки для забивки дюбелей и колонки для пробивки отверстий в потолке. Для работы на высоте применяют подмости, вышки и лестницы различных конструкций (рис. 2-5).

Для упрощения работ по монтажу, а также для снижения трудовых затрат и стоимости работ крепежные детали и мелкие изделия приклеивают с помощью клея БМК-5к. Приклеивать провода и кабели непосредственно к основаниям не следует, за

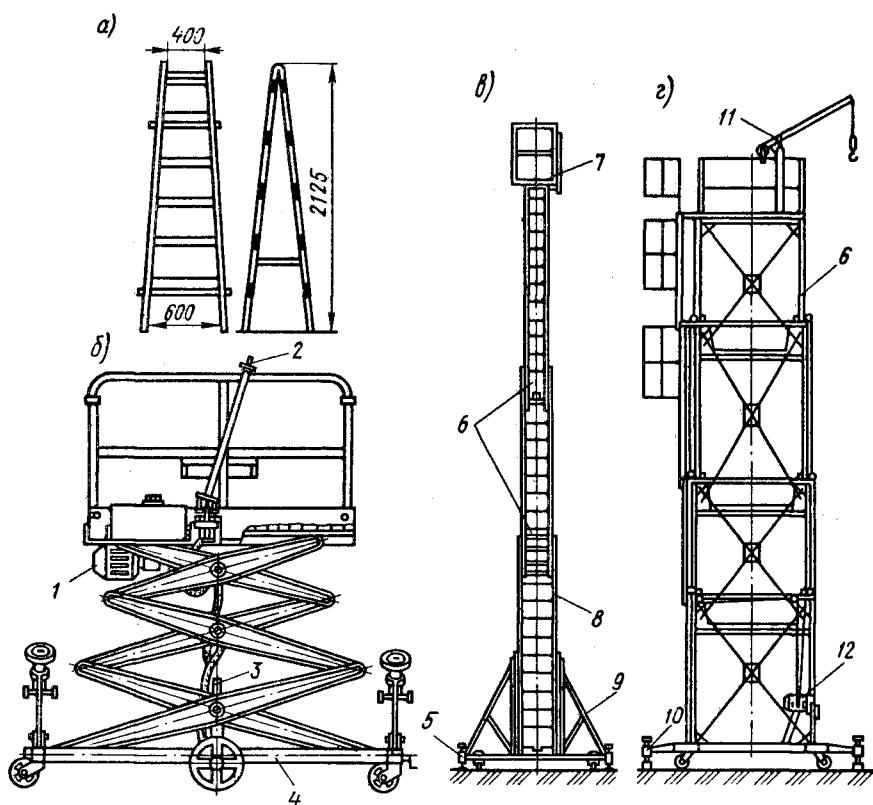


Рис. 2-5. Устройства для работы на высоте:

*а* — лестница стремянка; *б* — гидравлическая подъемная платформа с электроприводом ГМПП-5Д; *в* — телескопическая катушечная вышка; *г* — телескопические подмости; *1* — электродвигатель; *2* — рукоятка; *3* — гидродомкрат; *4* — тележка; *5* — колесо; *6* — ловители телескопа при обрыве каната; *7* — рабочая площадка; *8* — подвижная секция; *9* — основание; *10* — выносные опоры; *11* — кран-укосина подмостей; *12* — ручная лебедка

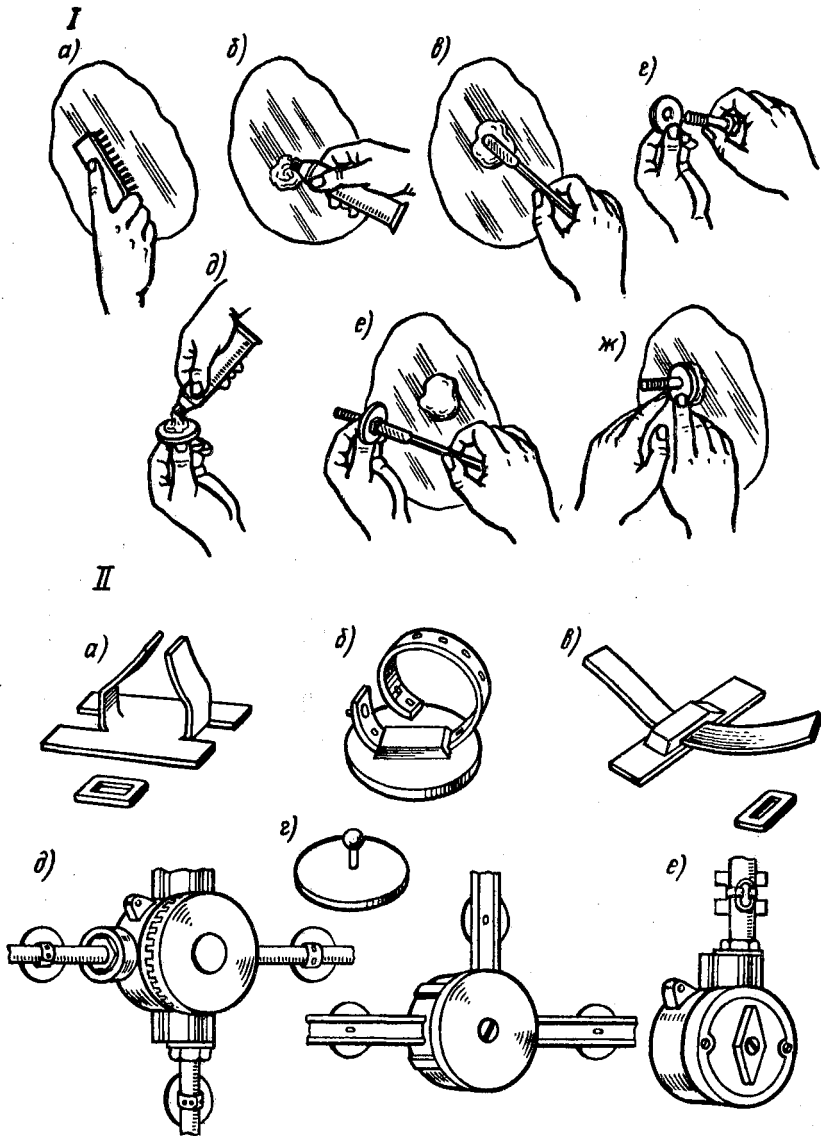


Рис. 2-6. Приклеивание крепежных деталей:

*I* — процесс приклеивания крепежных деталей: *a* — зачистка строительного основания; *б* — выдавливание клея из тубы на строительное основание; *в* — втирание клея в строительное основание; *г* — сборка крепежной детали; *д* — выдавливание клея из тубы на основание крепежной детали; *е* — растирание клея на крепежной детали; *ж* — приклеивание крепежной детали; *II* — детали и установочные изделия для приклеивания и крепления; *a* — детали из жести с пружинкой; *б* — детали из пластмассы или металла в комплекте с поливинилхлоридной лентой и кнопкой из полистирола; *в* — деталь из пластмассы или металла в комплекте с полоской и пружинкой; *г* — пластмассовая деталь для крепления приводов; *д* и *е* — соединительная коробка и полугерметический выключатель, приклеенные к основанию

исключением отдельных случаев скрытой проводки. Крепежные детали и изделия приклеивают к бетонным, железобетонным, керамзитобетонным, асбестоцементным, кирпичным, керамическим (в том числе с глазурованной поверхностью) и стеклянным строительным основаниям, поверхностный слой которых обладает прочностью, достаточной для удерживания приклеенных изделий. Общий вид некоторых приклеиваемых деталей и последовательность их приклеивания приведены на рис. 2-6.

Поверхность строительного основания в местах приклейки должна быть ровной, очищенной от грязи, пыли, копоти и т. п. Не следует приклеивать к сырым, пропитанным маслом, побеленным, окрашенным и оштукатуренным поверхностям, а также к основаниям, которые могут подвергнуться намоканию в процессе эксплуатации. Приклеивание выполняют при положительных температурах в помещениях с относительной влажностью воздуха, не превышающей 75 %.

### **§ 2-3. Прокладка проводов в жилищном крупнопанельном и крупноблочном строительстве**

В крупнопанельных и крупноблочных зданиях применяют канальную систему электропроводок. Провода прокладывают в специально предусмотренных для этой цели каналах, в панелях, перегородках или в пустотах панелей, обусловленных их конструкцией. Каналы для проводок, ниши, гнезда, сквозные проходы и другие устройства в строительных элементах зданий для электропроводок выполняются на заводах домостроительных комбинатов. Каналы образуют, как правило, без замоноличивания изоляционных труб в строительные конструкции. Во избежание повреждения изоляции при протягивании проводов каналы должны иметь на всем протяжении гладкую поверхность без натеков и острых граней (рис. 2-7).

Диаметры каналов для питающих сетей должны быть равны 1,1 диаметра стальных труб, применяемых для прокладки соответствующих проводов; длина каналов между протяжными нишами или коробками не должна превышать 8 м; соединительные ниши в стеновых панелях (в местах сопряжения каналов) необходимо выполнять в виде полукруглых выемок радиусом 70 мм; гнезда в железобетонных и других панелях для непосредственной установки штепсельных розеток и выключателей делают конусными с отверстиями диаметром 72 и 74 мм, а в гнезда для коробок диаметром 85 мм вмазывают специальный стакан, представляющий собой полый цилиндр из пластмассы (полипропилена), состоящий из двух половинок переменного диаметра. Стакан имеет кольцевые выступы по диаметру, перегородку для звукоизоляции и сквозное отверстие для прохода каналаобразователя. Выключатели и штепсельные розетки закрепляют в закладных стаканах распорными планками на кольцевых выступах. Стаканы, выпускаемые заводами, имеют различную длину, что позволяет замоноличивать их в железобетонных и гипсолитовых панелях разной толщи-



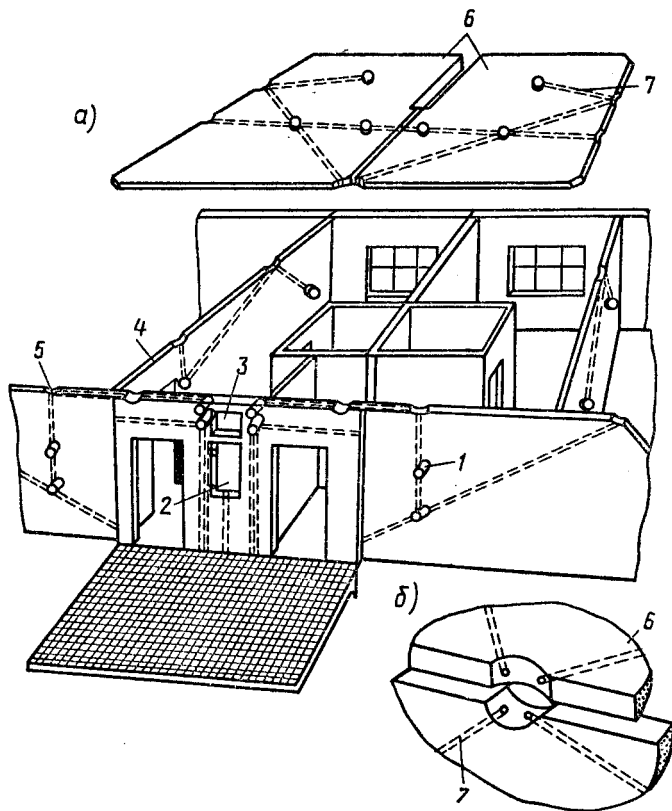


Рис. 2-7. Электропроводка в каналах крупнопанельного дома:

*a* — общий вид строительного участка; *б* — узел сопряжения каналов стеновой панели и панели перекрытия; 1 — гнездо для штепсельных розеток и выключателей; 2 — ниша распределительного щитка; 3 — ниша слаботочного устройства; 4 — стеновая панель; 5 — выемка в панели; 6 — панель перекрытия; 7 — канал для проводов

ны. В последнее время вместо каналообразователей на домостроительных комбинатах (ДСК) закладывают пластмассовые трубы.

Предварительно заготовленные в мастерских электропроводки (рис. 2-8) затягивают в каналы панелей. Число прокладываемых в одном канале проводов зависит от диаметра канала и сечения провода. Распределительные групповые сети выполняют из проводов марок АППВ, АППВс, АПВ, АПР, АПМВ.

В кирпичных зданиях провода прокладывают непосредственно под штукатуркой с устройством или без устройства борозд в зазорах кирпичной кладки, в горизонтальных или вертикальных каналах, предусмотренных при кладке стен (рис. 2-9).

Каждая отдельная заготовка проводки групповой осветительной сети, предназначенная для прокладки на месте строительства здания, представляет собой крупный узел (проводка освещения

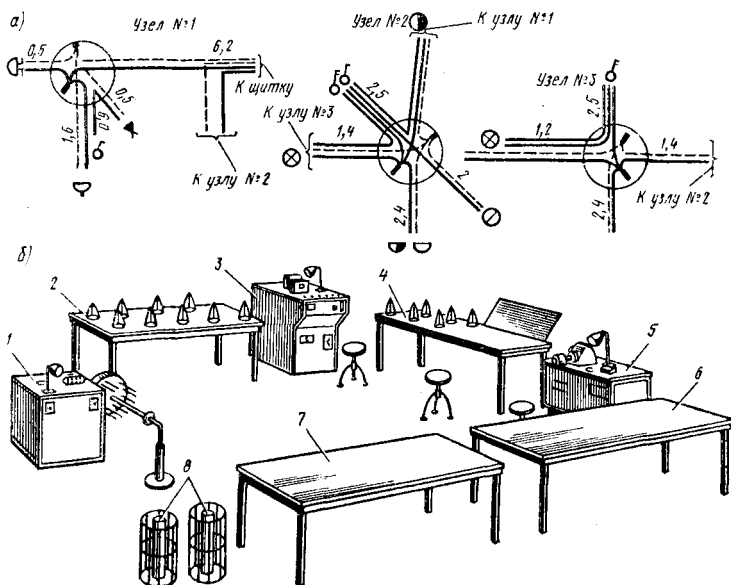


Рис. 2-8. Заготовка электропроводки в мастерской:

*a* — примерные схемы заготовки узлов проводки; *б* — технологическая линия заготовки и обработки проводов сечением 1,5—10 мм<sup>2</sup>: 1 — полуавтомат типа МР; 2 — стол-накопитель; 3 — механизм типа МС; 4 — стол сборки проводов; 5 — станок типа СЗ; 6 — стол-накопитель (второй); 7 — стол комплектования и маркировки проводов; 8 — контейнеры

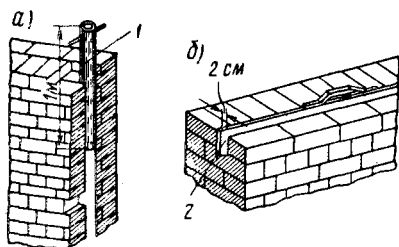


Рис. 2-9. Устройство вертикальных (*a*) и горизонтальных (*б*) каналов при производстве кирпичной кладки стен:

1 — стальная труба-шаблон;  
2 — рейка-шаблон

части квартиры, одного или группы смежных помещений в культурно-бытовом здании), состоящий из участков проводов, сходящихся в одной или нескольких соединительных коробках, соединяемых в этих коробках или только проходящих через них. Сеть представляет собой участки электропроводок, располагающиеся в пределах одной отдельной строительной конструкции (панели перекрытия, панели внутренних стен, перегородки и др.), собранные по заданной схеме и снабженные необходимыми электроустановочными изделиями, иногда монолитными в бетонные панели или плиты на заводе (рис. 2-10).

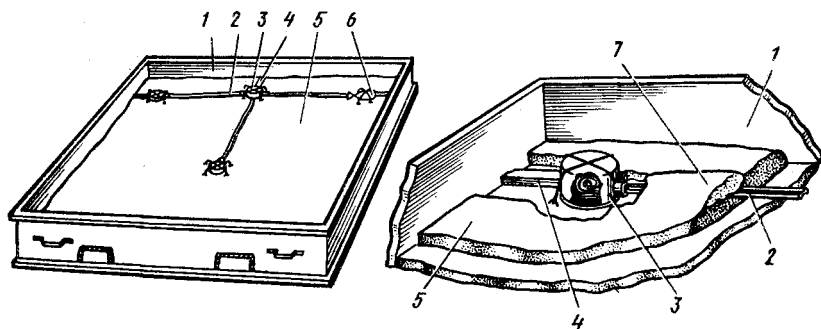


Рис. 2-10. Замоноличивание заготовки электропроводки в стенную шлакобетонную панель:

1 — форма (опалубка) для изготовления стеновой панели; 2 — провод; 3 — соединительная коробка; 4 — стальной прилив; 5 — слой раствора; 6 — «запас провода»; 7 — защитный слой раствора

### § 2-4. Прокладка плоских проводов

Плоские провода марок АППВ, АППВс применяют для групповых (распределительных) осветительных сетей и мелких силовых нагрузок в жилых и общественных зданиях. Их прокладывают как скрыто под слоем штукатурки или внутри стен и перекрытий (без заключения в какие-либо защитные оболочки), так и открыто по поверхностям стен и потолков (без дополнительной изоляции) сухих и влажных отапливаемых и неотапливаемых помещений (включая кухни, лестничные клетки), а также в подвалах жилых и общественных зданий. В санузлах применяют только скрытую проводку.

Провода марок АППВ и АППВс при открытой прокладке в пожароопасных помещениях и на чердаках, при открытой и скрытой прокладке во взрывоопасных, особо сырых помещениях, помещениях с активной агрессивной средой, в детских и лечебных учреждениях, зрелищных предприятиях, клубах и школах не применяют.

При открытой прокладке по стенам и потолкам провод прокладывают на расстоянии не менее 20 мм от карнизов, выступающих декоративных элементов. В помещениях, оклеенных обоями, верхнюю горизонтальную прокладку выполняют выше обоев.

При скрытой горизонтальной проводке по стенам провода укладывают параллельно линии карнизов на расстоянии 100—200 мм от потолка или 50—100 мм от карниза; спуски к выключателям, штепсельным розеткам или светильникам выполняют вертикально по отвесам. В перекрытиях (под плитой перекрытия, в щелях, пустотах и т. п.) допускается прокладка по кратчайшему расстоянию без учета взаимного расположения стен, потолка и пола.

Во влажных помещениях (кухни, ванны комнаты и др.) длину проводки стремятся максимально сократить, размещая проводку и выключатели вне этих помещений, а светильники — на стенах,

смежных с коридором. При параллельной прокладке, как скрытой, так и открытой, расстояние между отдельными проводами равняется 3—5 мм.

При открытой прокладке провод крепят к опорной плоскости приклеиванием или скобами.

При скрытой прокладке крепление провода производят «примораживанием» провода алебастровым раствором в нескольких местах по длине трассы.

Разделка плоских проводов показана на рис. 2-11. Для разделки проводов применяют универсальные клещи (рис. 2-12). При прокладке плоских проводов по сгораемым основаниям (кроме проводов АППР) под ними по всей длине кладут асбест толщиной не менее 3 мм с выступом от края провода не менее чем на 5 мм. Пересечение жил в местах изгиба не разрешается. Не допускается также пересечение проводов; если этого избежать нельзя, то в местах пересечения изоляцию провода усиливают тремя-четырьмя слоями прорезиненной или поливинилхлоридной липкой изоляционной ленты.

Проходы открыто прокладываемых проводов через стены, перегородки и перекрытия выполняют в резиновых полутвердых трубках с установкой на выходе фарфоровых или пластмассовых втулок или воронок.

Соединения и ответвления плоских проводов, прокладываемых скрыто, выполняют в ответвительных коробках и в коробках выключателей, штепсельных розеток и светильников с помощью зажимов, опрессованием или сваркой. При открытой прокладке проводов применяют малогабаритные пластмассовые коробки без деревянных розеток. При скрытой прокладке используют

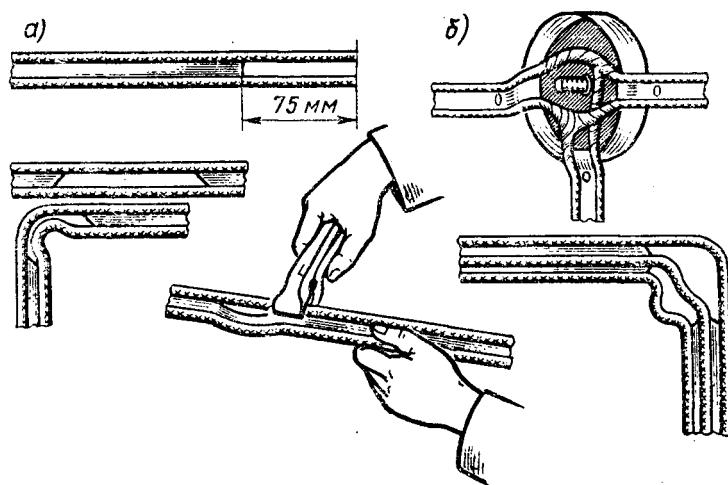


Рис. 2-11. Разделка плоских проводов:

а — изгибание на ребро; б — соединение и ответвление проводов

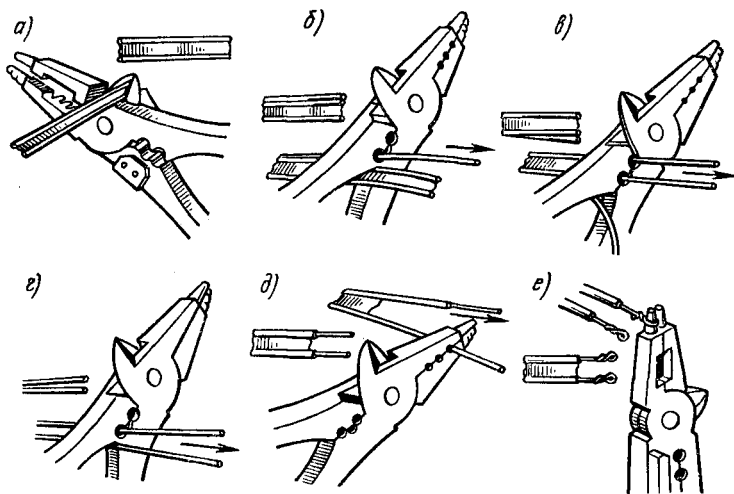


Рис. 2-12. Универсальные клещи типа КУ-1:

а — перекусывание провода; б, в, г — вырезание разъединяющей перемычки в проводах; д — снятие изоляции; е — изготовление колечек

пластмассовые или металлические ответвительные коробки и коробки для установки выключателей и штепсельных розеток, заделывая их в стену или перекрытие заподлицо. Внутреннюю поверхность металлических коробок покрывают изоляционным лаком или обкладывают электрокартоном; в местах ввода в них проводов устанавливают втулки из изоляционного материала.

При вводе проводов в металлическую коробку или закрытую арматуру на концы проводов накладывают дополнительную изоляцию из прорезиненной или липкой поливинилхлоридной ленты. В местах соединения проводов и присоединения их к светильникам и выключателям оставляют запас провода не менее 50 мм.

Для повышения степени индустриализации монтажа применяют стандовую заготовку проводов, выполняемую в мастерских на специальных стандах по предварительным замерам. При стандовой заготовке электропроводок на месте монтажа выполняют работы только по укладке и креплению проводов, установке и креплению коробок, штепсельных розеток, выключателей и других установочных изделий.

## § 2-5. Прокладка проводов в стальных трубах

Стальные трубы применяют для защиты проводов от механических повреждений, а также для защиты изоляции и самих проводов от разрушения едкими парами и газами и попадания внутрь трубы влаги, пыли и взрывопожароопасных смесей из окружающей среды. Соединения и присоединения труб к коробкам, аппаратам и электроприемникам выполняют без специального уплотнения

(когда они применяются для защиты проводов от механических повреждений), уплотненными (для защиты труб от попадания в них пыли, влаги, едких паров и газов) и взрывобезопасными, имея в виду исключение возможности попадания внутрь труб, аппаратов и электроприемников взрывоопасных смесей.

Применяемые для электропроводок стальные трубы делятся на три группы: первая — водогазопроводные, обыкновенные; вторая — водогазопроводные, легкие; третья — тонкостенные электросварные.

Перед монтажом внутреннюю поверхность труб очищают от окалины и графа и производят окраску внутренней и наружной поверхностей асфальтовым лаком. Трубы, прокладываемые в бетоне, снаружи не окрашивают для лучшего сцепления с бетоном. Оцинкованные трубы прокладывают без окраски. Для помещений с химически активной средой в проектах приводятся специальные указания о марке противокоррозионной краски для стальных труб. Если это разрешают условия окружающей среды, предпочтение следует отдавать тонкостенным трубам с целью экономии металла. При монтаже придерживаются нормализованных значений углов и радиусов изгиба труб в зависимости от диаметра труб, количества и сечения прокладываемых в них проводов.

Водогазопроводные обыкновенные трубы применяют только во взрывоопасных установках; легкие — в обоснованных (с точки зрения экономии металла) случаях при открытой прокладке в сухих и влажных помещениях; при скрытой прокладке в сухих и влажных помещениях, на чердаках, в подливных полах, фундаментах и других строительных элементах с уплотнением мест ввода в коробки и соединением труб стальными муфтами на резьбе.

Тонкостенные электросварные трубы применяют при открытой прокладке в сухих и влажных помещениях без уплотнения мест соединения и ввода в коробки; при скрытой прокладке (в стенах, перекрытиях, подготовке полов, фундаментах) в сухих и влажных, а также при открытой и скрытой прокладке в жарких, пыльных, пожароопасных помещениях и на чердаках, при этом трубы соединяют стандартными стальными муфтами с накатной резьбой, места соединения и вводы в коробки уплотняют.

Допускаются выходы участков труб из фундаментов в грунт в пределах помещения при условии дополнительной их антикоррозионной защиты. Эти трубы во взрывоопасных зонах и в земле не прокладывают и в качестве заземляющих и нулевых защитных проводников при толщине стенки трубы до 1,5 мм в зданиях и 2,5 мм в наружных установках не применяют.

Малая толщина стенок тонкостенных труб, наличие с внутренней стороны вдоль шва наплывов от сварки (графа) и отклонение их сечений от точной геометрической формы (круга) создают ряд затруднений при обработке и монтаже: на тонкостенных трубах нельзя применять нормальную резьбу, как на водогазопроводных трубах; изгибание требует принятия специальных мер, чтобы избежать их смятия; для электросварки необходимо точно по-

добрать электроды и величину сварочного тока; необходимо также удалять грат, так как при затяжке проводов создается опасность повреждения изоляции.

При соединении труб без уплотнения стыков применяют клиновые и винтовые манжеты или гильзы из отрезков труб, которые насаживают на концы соединяемых труб и приваривают к ним электросваркой; в этом случае соединительные и ответвительные коробки должны иметь патрубки для присоединения к ним труб. Для соединения труб между собой и с коробками, уплотненными стыками, служат манжеты из отрезков труб со сплошной приваркой, с окулярной, мелкой метрической или накатной резьбой или специальные накидные гайки, обеспечивающие уплотнение стыка. Изгибаемая тонкостенные трубы в обычных трубогибочных станках или ручных трубогибах, устанавливают секторы и ролики с ручьями, точно соответствующими диаметру изгибаемой тонкостенной трубы, иначе труба будет смята в месте изгиба. Для удаления грата

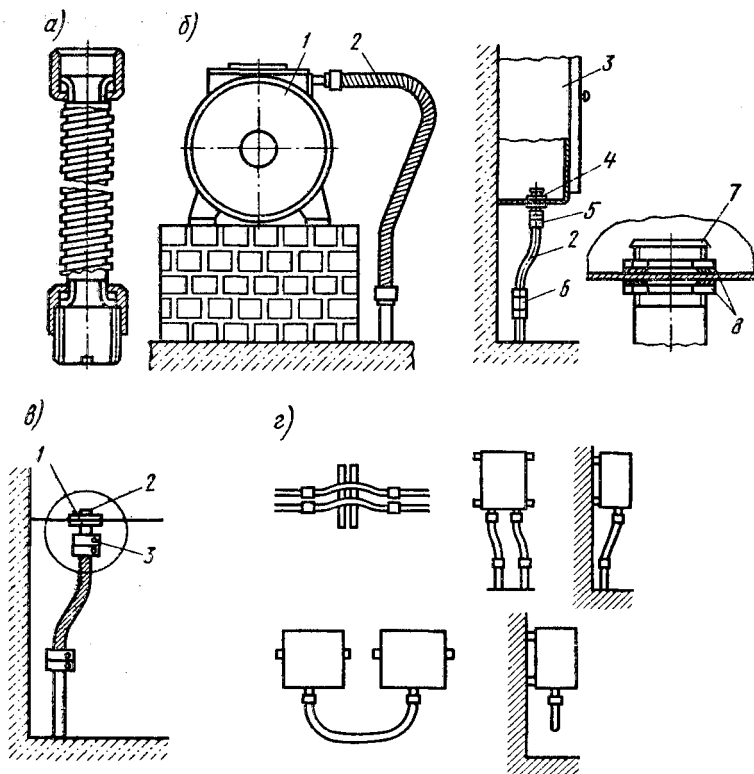


Рис. 2-13. Различные виды гибких вводов:

*а* — общий вид гибкого ввода; *б* — ввод в двигатель и пусковой ящик: 1 — двигатель; 2 — гибкий ввод; 3 — пусковой ящик; 4 — патрубок; 5 и 6 — муфты; 7 — втулка; 8 — установочные гайки; *в* — установка заземляющих гаек: 1 — гайка; 2 — вводный патрубок; 3 — муфты; *г* — применение гибких перемычек

применяют устройство, с помощью которого через трубу пропускают оправку, или протяжку. Проходя внутри трубы, протяжка сбивает все острые края напылов грата.

Для подвода трубных электропроводок к электродвигателям и аппаратам, при обходе препятствий и в качестве компенсаторов в местах пересечения температурных швов и на сложных участках трассы используют гибкие вводы (рис. 2-13).

При открытой прокладке труб по стенам, потолкам или строительным конструкциям их закрепляют на опорных поверхностях скобами на дюбелях, уголках, перфорированной полосе и т. п. (рис. 2-14). Крепление электросваркой к металлоконструкциям не допускается. При прокладке стальных труб необходимо выдерживать определенные расстояния между точками крепления (не более 2,5 м для труб с условным проходом 15—20 мм, 3 м — для проходов 25—32 мм и не более 4 м — для проходов 40—80 мм), а также между протяжными коробками в зависимости от числа изгибов: не более 50 м — при одном изгибе трубы, 40 м — при двух и 20 м — при трех.

При соединении труб стандартными муфтами 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 контргайек с запасом свободной резьбы и короткий — для размещения половины соединительной муфты. В отдельных случаях (во взрывоопасных установках в местах, где трубы подвержены сотрясениям и вибрациям) соединительные муфты дополнительно закрепляют контргайками.

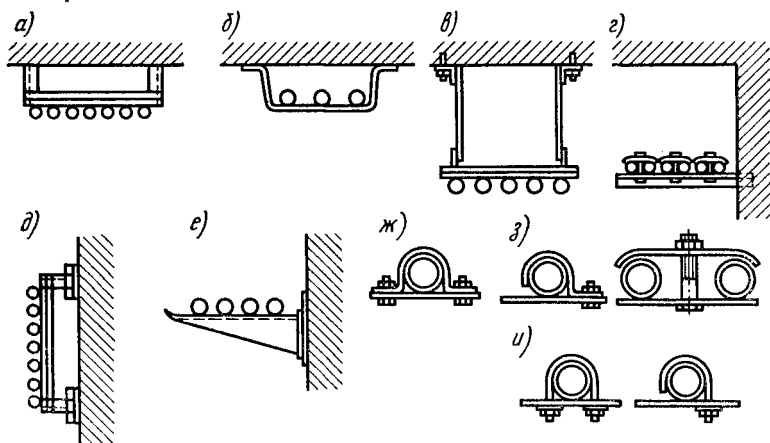


Рис. 2-14. Опорные и крепежные конструкции и детали для трубных электропроводок:

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



Для отдельных электроустановок, насыщенных трубными проводками, особенно при наличии нескольких аналогичных объектов, сжатых сроках монтажа и неготовности строительной части объекта производят заготовку трубных электропроводок на макетах в масштабе 1:1. Заготовленные на макете трубы и трубные блоки разбирают, маркируют и отправляют на объект монтажа.

На первой стадии монтажа проводок в стальных трубах размечают трассу и устанавливают крепежные детали. После этого проводят точные замеры ниток трассы, составляют подробный эскиз с указанием размеров, необходимых для заготовки блоков разводки труб в мастерской на технологической линии. Целесообразнее трубы в узлы и блоки комплектовать из стандартных элементов.

На второй стадии монтажных работ элементы трубной проводки, полученные из мастерской, закрепляют на подготовленные места и затягивают в них провода. На полу и междуэтажных перекрытиях на опорных поверхностях их укладывают свободно, без закрепления. В фундаментах под машины и технологическое оборудование трубы или пакеты труб в необходимых по ходу укладки точках прикрепляют к опалубке или арматуре скобами, проволокой. При открытой прокладке труб по стенам, потолкам или строительным конструкциям их закрепляют на опорных поверхностях. Провода затягивают в трубы вручную или с помощью механизированных приспособлений. Предварительно в трубы затягивают стальную проволоку диаметром 1,5—3 мм (с петлей на конце) и вдувают тальк для облегчения затягивания (уменьшается сила трения проводов о стенки трубы); провода также протирают тальком.

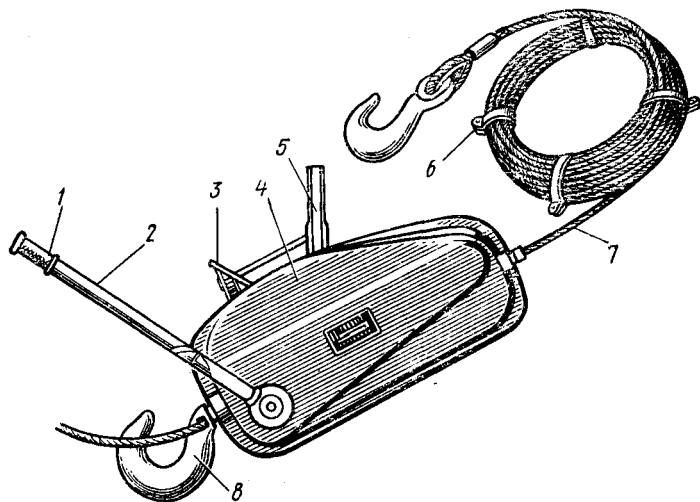


Рис. 2-15. Лебедка с ручным рычажным приводом:

1 — рычаг; 2, 5 — рукоятки переднего и заднего хода; 3 — оттяжка для заправки каната; 4 — тяговый механизм; 6 — хомут; 7, 8 — канат с крюком

На протяженных трубопроводах и на трубопроводах с большим числом изгибов устанавливают дополнительно протяжные коробки и ящики, что облегчает затягивание проводов. Для затягивания проводов крупных сечений используют специальные приспособления в виде захватов, небольших лебедок или универсальный рычажный привод (рис. 2-15).

## § 2-6. Монтаж проводов в пластмассовых трубах

В настоящее время начинают широко применять электропроводки в пластмассовых трубах. Основными видами пластмассовых труб являются винилпластовые, полиэтиленовые и полипропиленовые.

*Винилпластовые трубы* обладают высокой механической прочностью. В зависимости от толщины стенок они делятся на три группы: легкие (Л), средние (С) и тяжелые (Т) и выпускаются с наружными диаметрами 20, 25, 32, 40, 50 и 63 мм. Для электропроводок преимущественно применяются легкие и средние трубы.

В зависимости от температуры винилпластовые трубы могут иметь деформацию по длине (0,08 мм/м на 1 °С), что необходимо учитывать при выборе способа их крепления: предусматривать возможность продольного смещения трубы или при жестком креплении предусматривать компенсаторы в виде «уток» или специальных сальников. Выбор диаметра винилпластовых труб производится в зависимости от количества и сечения затягиваемых в них проводов и сложности трасс.

При укладке винилпластовых труб параллельно горячим трубопроводам должно быть выдержано расстояние не менее 100 мм; при этом винилпластовые трубы располагают ниже горячих трубопроводов.

Пластмассовые трубы удобны в монтаже, легко обрабатываются, соединяются и гнутся. Электропроводки в пластмассовых трубах применяют в сухих, влажных, сырых, особо сырых и пыльных помещениях, в помещениях с химически активной средой, в наружных установках, а также в агрессивном грунте. Электропроводки в пластмассовых трубах не применяют в пожароопасных и взрывоопасных помещениях.

*Электропроводки в полиэтиленовых и полипропиленовых трубах* не прокладывают в зданиях ниже II степени огнестойкости, т. е. в таких, у которых имеются горючие смеси, перекрытия и перегородки. В зданиях выше II степени огнестойкости эти трубы применяют только для скрытых электропроводок. Электропроводки в винилпластовых трубах выполняют в зданиях любой степени огнестойкости. При этом в открытых и скрытых электропроводках винилпластовые трубы прокладывают непосредственно по несгораемым, трудносгораемым и сгораемым стенам, перекрытиям и конструкциям. По сгораемым стенам и конструкциям их прокладывают по прослойке из листового асбеста толщиной 3 мм или слою

штукатурки толщиной 5 мм, выступающим по сторонам трубы на 5 мм (минимально допустимые размеры).

Не применяют электропроводки в полиэтиленовых и полипропиленовых трубах и открытые электропроводки в винипластовых трубах в специальных зданиях и помещениях, на сценах и в кинобудках зрелищных предприятий и клубов, в детских яслях и садах, пионерских лагерях, больницах, на чердаках, а также в животноводческих помещениях совхозов и колхозов.

Монтаж электропроводок в пластмассовых трубах осуществляют в две стадии. К первой стадии относят заготовку элементов проводки в мастерских и подготовительные работы на

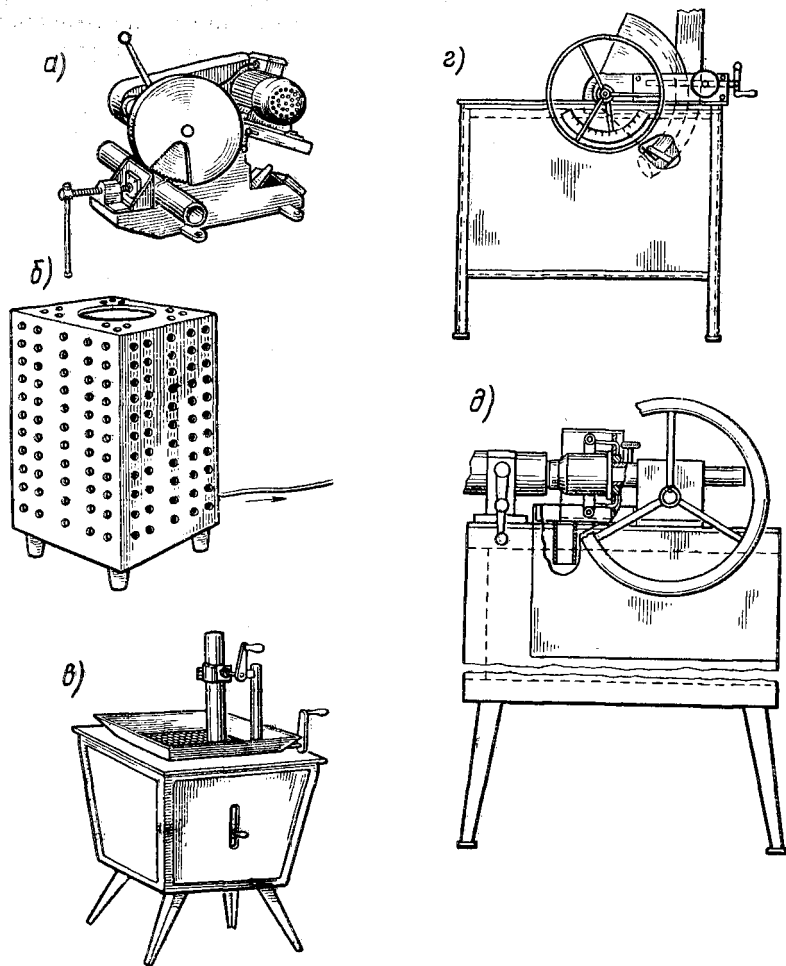


Рис. 2-16. Устройство для обработки пластмассовых труб:

а — для резки труб; б — для разогрева труб; в — для разогрева концов труб; г — для изгибания; д — для выпрессовки раструбов

монтажном объекте, включающие приемку от строителей трубных трасс с предусмотренными по проекту ходами, закладными деталями, бороздами (штрабами) для укладки труб, отверстиями и проемами. Во второй стадии выполняют монтаж, который включает в себя сборку, укладку и крепление трубной сети, затяжку в трубопроводы электрических проводов и кабелей, установку электрооборудования, сборку и опробование электрической схемы.

Заготовка включает в себя разметку, резку, правку труб, снятие фасок, нагревание труб для изгиба и выпрессовки на их концах раструбов или изготовление соединительных раструбных муфт и втулок, изгибание труб, обортовку отрезков труб для получения втулок, соединение труб сваркой, горячей посадкой (для полиэтиленовых и полипропиленовых труб) и склеиванием (для винипластовых труб), соединение труб с коробками и ящиками, комплектование и маркировку трубных заготовок. Заготовку полиэтиленовых труб больших сечений, а также полипропиленовых и винипластовых труб выполняют в мастерских на специальных станках и приспособлениях (рис. 2-16), а труб среднего и легкого типа с условным проходом до 25 мм — на месте монтажа, применяя

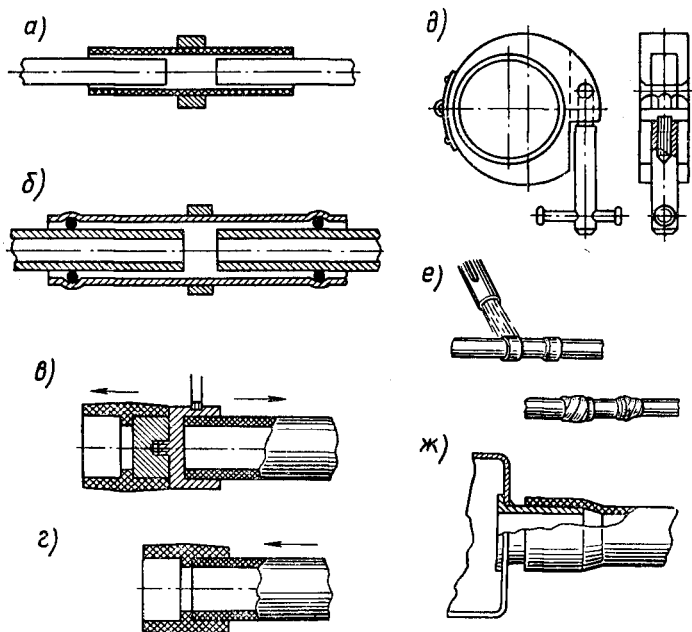


Рис. 2-17. Способы соединения пластмассовых труб:

*а* — компенсационное соединение винипластовых труб без уплотнения; *б* — то же, с уплотнением; *в* — оплавление конца полиэтиленовой полипропиленовой трубы и муфты на оправке для сварки; *г* — сваренные полиэтиленовые и пропиленовые трубы; *д* — ограничительный хомут; *е* — соединение полиэтиленовых и полипропиленовых труб горячей посадкой; *ж* — соединение с коробкой с помощью раструба

средства малой механизации, так как при небольших сечениях и тонких стенках трубы легко обрабатываются и гнутся. Это особенно относится к трубам, поставляемым в бухтах, которые требуют минимального числа соединений.

Пластмассовые трубы соединяют между собой, с коробками и ящиками сваркой, приклеиванием или с помощью образования раструбов на концах труб, в зависимости от материала труб и коробок или ящиков (рис. 2-17). Применяют также монтаж пластмассовых труб нормализованными элементами (мерные отрезки труб, колена с нормализованными углами изгиба, коробки), заготовленными в заводских условиях.

## § 2-7. Тросовые и струнные проводки

Тросовую проводку применяют в помещениях промышленных предприятий со сложной конструкцией строительной части, где из-за наличия большого количества различных трубопроводов, колонн, ферм и балок трудно и дорого выполнить проводку иного типа.

Для прокладки внутри помещений сетей на напряжение до 660 В промышленных электроустановок применяют установочные провода АРТ, имеющие алюминиевые жилы, резиновую изоляцию, несущий трос. Изолированные жилы провода скручены вокруг изолированного оцинкованного троса (провода сечением от 2,5 до 35 мм<sup>2</sup>, двух-, трех- и четырехжильные). Жилы провода имеют отличительную маркировку в виде полосок на поверхности изоляции. Для наружных проводок применяют провод марки АВТ с алюминиевыми жилами, утолщенной поливинилхлоридной изоляцией и несущим тросом; для сельского хозяйства — провода АВТС с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией и несущим тросом. Провода АВТ и АВТС предназначены для сетей напряжением 380 В и имеют индексы 1 и 2, соответственно с обычным и усиленным несущим тросом. Для тросовых проводок применяют также установочные провода АПР (ПР), АПВ (ПВ), небронированные защищенные кабели марок АВРГ (ВРГ), АНРГ (НРГ), АВВГ (ВВГ), которые крепят к специальному несущему тросу (рис. 2-18).

Монтаж электропроводок выполняют в две стадии. На первой стадии в мастерской заготавливают и собирают электропроводки, комплектуют анкерные и натяжные конструкции, а также поддерживающие устройства и транспортируют их на место монтажа. На монтажной площадке устанавливают анкерные и натяжные конструкции, вертикальные подвески, поперечные и продольные оттяжки, производят заготовку трасс для питающих магистралей. Все работы первой стадии монтажа выполняют в процессе общестроительных работ, при определенной готовности элементов здания, на которых производится подвеска и крепление электропроводки.

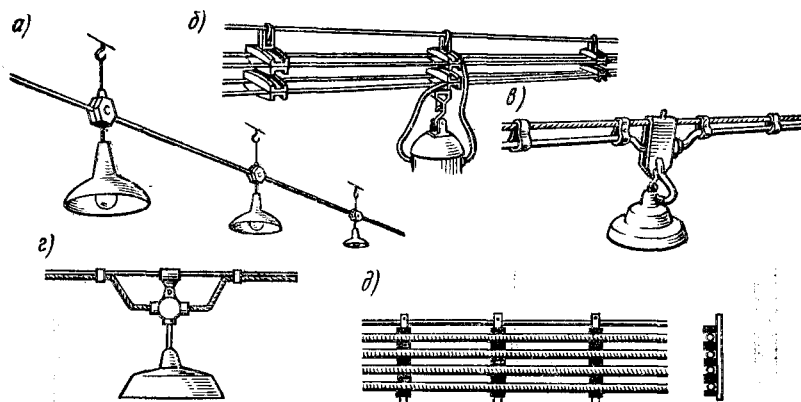


Рис. 2-18. Виды выполнения тросовых электропроводок:

*а* — проводом АРТ; *б* — изолированными проводами на подвесках из пластмассы на продольном тросе; *в* — многожильными проводами и кабелями небольших сечений на пластмассовых клинцах на продольном тросе; *г* — то же, при непосредственном закреплении бандажом; *д* — подвеска силовых и контрольных кабелей на подвесных елочных конструкциях, укрепленных на тросе

На второй стадии монтажа заготовленные и доставленные к месту монтажа тросовые проводки монтируют на заранее установленных натяжных устройствах и подвесках в помещениях.

При заготовке тросовой электропроводки в мастерской на ней устанавливают и закрепляют ответвительные и соединительные коробки, заземляющие перемычки, натяжные муфты и вводные коробки. Светильники, как правило, к проводке крепят на второй стадии монтажа, когда разматывают тросовую электропроводку на полу, временно подвешивают ее на высоте 1,2—1,6 м для правки проводов, подвески и подключения светильников (если они не были смонтированы на тросовой линии в мастерских); затем поднимают электропроводку на проектное место, закрепляют трос одним концом за анкерную конструкцию, соединяют его с промежуточными подвесками и стяжками, предварительно натягивают (вручную при пролетах до 15 м и лебедкой при больших пролетах) и надевают на второй анкерный крюк. После этого производят окончательное натяжение несущего троса, регулировку стрелы подвеса, заземление несущего троса и всех металлических деталей линии и подключение линии к питающей магистрали (рис. 2-19).

Для натяжения троса применяют лебедку с ручным приводом. Усилие натяжения троса контролируется динамометром.

Стрелу провеса при регулировке принимают: 100—150 мм для пролета 6 м; 200—250 мм для пролета 12 м. Несущие тросы заземляют в двух точках на концах линии. На линиях с нулевым проводом заземление осуществляют присоединением несущего троса к этому проводу гибкой медной перемычкой сечением 2,5 мм<sup>2</sup>, а на линиях с изолированной нейтралью — присоединением троса к шине, соединенной с контуром заземления. Несущий трос в качестве заземляющего проводника не применяют.

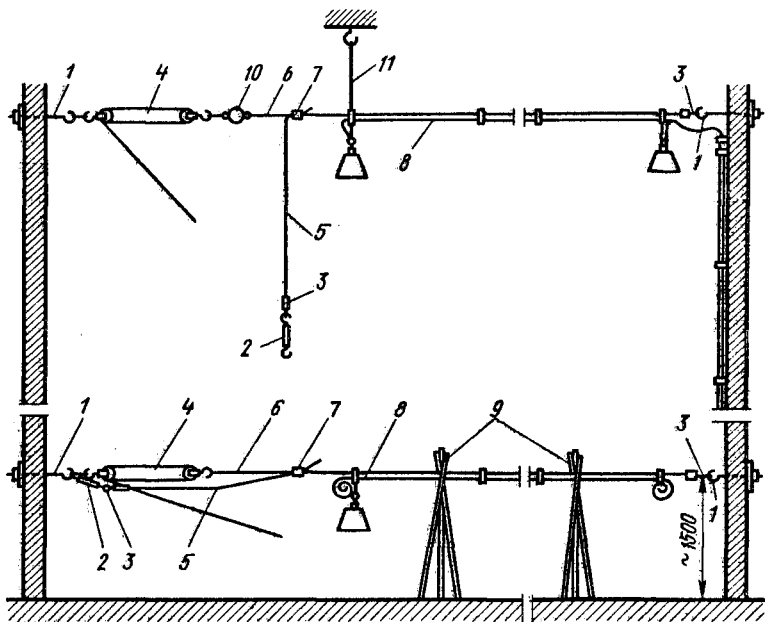


рис. 2-19. Схема сборки и подвески тросовых электропроводок на месте монтажа:

— временные и постоянные анкеры; 2 — натяжная муфта; 3 — концевые петли; 4 — специальная лебедка или полиспаст; 5 — свободный конец несущего троса; 6 — вспомогательный отрезок троса; 7 — клиновидный зажим; 8 — плетя тросовой электропроводки; 9 — инвентарные подставки; 10 — динамометр; 11 — вертикальная проволочная подвеска

Разновидностью тросовых проводок являются струнные электропроводки. В отличие от тросовых проводок их применяют для депления кабелей марок СРГ, АСРГ, ВРГ, АВРГ, ВВГ, АВВГ, РГ, АНРГ, проводов СТПРФ и ПРП по жестким основаниям. Эти проводки (рис. 2-20) выполняют на натянутой стальной проволоке или ленте, закрепленной вплотную к строительным основаниям перекрытия, фермам, балкам, стенам, колоннам и т. д.). Все

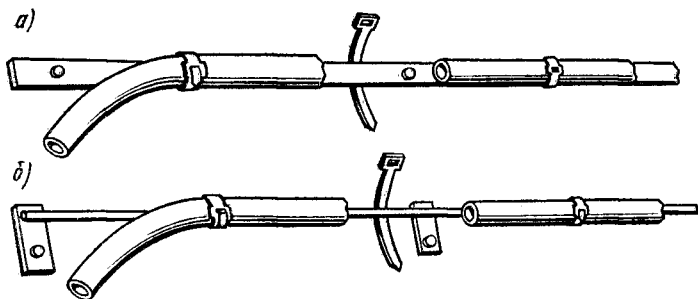


Рис. 2-20. Крепление кабелей и проводок:

а — к стальной полосе; б — к стальной проволоке

элементы струнных электропроводок надежно заземляют. Кабели в свинцовой оболочке, а также провода в металлической оболочке (АТПРФ, ПРП) соединяют в общую цепь перемычками (у распаячных коробок, щитков и т. п.) из гибкого медного провода. Перемычки закрепляют на металлических оболочках кабеля или провода медной или стальной проволокой, припаивают и присоединяют к металлоконструкциям, на которых закреплены кабели или провода, и к корпусам металлических ответвительных коробок.

### **§ 2-8. Прокладка кабелей марок СРГ, НРГ, ВРГ, проводов АТПРФ, ПРП и других**

На первой стадии монтажа электрооборудования трассу размечают так, чтобы радиус изгиба кабелей АСРГ, АВРГ и АНРГ равнялся не менее десяти наружным диаметрам, а радиус проводов АТПРФ не менее шести. Точки крепления размечают с таким расчетом, чтобы расстояние между ними при горизонтальной и вертикальной прокладках не превышало 500 мм. При вертикальной прокладке проводов АТПРФ это расстояние увеличивают до 700 мм. Необходимо, чтобы точки крепления кабеля и провода у ответвительных коробок, проходов и аппаратов отстояли от них на 60—100 мм в зависимости от внешнего диаметра кабеля или провода.

Кабели и провода крепят к стенкам и опорным поверхностям непосредственно с помощью стандартных скобок, имеющих размеры, соответствующие наружному диаметру кабеля или провода и количеству ниток в пучке, или с помощью металлических полосок, укрепляемых на дюбелях или вмазкой их в основание. В шлакоблочных и гипсолитовых стенах крепления полосками избегают. Проходы через междуэтажные перекрытия выполняют так, чтобы обеспечить защиту кабеля или провода от механических повреждений.

На второй стадии работы начинают с раскатки проводов или кабелей и их правки. Во избежание образования трещин в оболочке кабеля АВРГ можно раскатывать и прокладывать при температуре не ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ , а кабели АСРГ — не ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ . При более низких температурах окружающей среды кабели предварительно нагревают. При раскатке и выравнивании кабели и провода тщательно осматривают, чтобы выявить внешние изъяны и устранить их. Правку производят на роликовых выпрямителях или при малом сечении жил зажатой в руке сухой тряпкой. При правке проводов АТПРФ на роликовом выпрямителе следят за тем, чтобы шов оболочки был расположен сбоку и по прямой линии по всей длине выправляемого отрезка провода.

Перед закреплением кабелей АСРГ под скобки подкладывают прокладки из электрокартона, выступающие из-под скобок не менее чем на 1 мм с каждой стороны. Кабели и провода вводят в аппараты и ответвительные коробки вместе с оболочкой. При проходах через температурные и осадочные швы их укладывают со



слабиной в виде дуги. По свежоштукатуренным и свежелепленным (влажным) поверхностям кабели АСРГ и провода АТПРФ не прокладывают, так как это приводит к коррозии их оболочек. В отдельных случаях такую прокладку допускают, но при условии предварительной окраски провода или кабеля быстросохнущими масляными красками, лаками или эмалями. Кабели марок АСРГ, АВРГ и АНРГ изгибают вручную, а провода АТПРФ специальными клещами.

Разделку конца кабеля АСРГ начинают с кольцевого надреза на свинцовой оболочке примерно на половину ее толщины; затем от кольцевого надреза к концу кабеля делают такой же глубины продольный надрез. Разгибая в сторону свинцовую оболочку, подлежащую снятию с конца кабеля, надламывают ее в месте надреза и снимают. Для быстрого удаления оболочки с конца кабеля диаметром до 20 мм применяют приспособление, закрепляемое на универсальных плоскогубцах. С помощью имеющейся в этом приспособлении регулировочной гайки фиксируют необходимую глубину надрезания свинцовой оболочки. При разделке кабеля АВРГ надрез можно делать нагретым паяльником с заостренным стержнем. Паяльник перемещают по линии надреза как можно быстрее, чтобы не повредить изоляцию. Жилы разделанных концов кабеля заделывают в корешке поливинилхлоридной лентой.

Все соединения и ответвления выполняют в соединительных или ответвительных коробках (пластмассовых или металлических). Металлические оболочки кабелей и проводов и металлические соединительные и ответвительные коробки электрически соединяют между собой и заземляют. Такое заземление не делают в сухих производственных помещениях с сухими непроводящими полами при напряжении не свыше 380 В, а также в лабораторных, конторских и торговых помещениях и в тех случаях, когда невозможно одновременно прикосновение к металлическим оболочкам кабелей, проводов и другим заземленным предметам, а также при напряжении до 127 В в любых помещениях, за исключением случаев, предусмотренных особыми правилами.

Присоединение металлических оболочек кабелей к заземляющей сети производят у групповых, питательных или распределительных щитков и пунктов многопроводочным медным луженым проводом сечением не менее  $2,5 \text{ мм}^2$  посредством припаивания его к оболочкам. Заземляющий проводник присоединяют к корпусу металлической коробки припайкой или зажимом под винт (в этом случае место присоединения должно быть зачищено до металлического блеска). Заземление оболочек нескольких кабелей и проводов, проложенных параллельно, выполняют одним неразрезанным гибким луженым медным проводом, накладываемым на пучок кабелей и проводов под прямым углом и припаиваемым к оболочке каждого провода и кабеля. Перемычки, соединяющие заземляемые оболочки кабелей и проводов у неметаллических ответвительных коробок, располагают снаружи.

## § 2-9. Электропроводки в лотках и коробах

*Лотком* называют открытую конструкцию, выполненную из негорюемых материалов. Лотки делают сплошными, перфорированными или решетчатыми. Они не являются защитой от внешних механических повреждений, а служат лишь опорой для проложенных на них проводов и кабелей. Лотки применяют как в помещениях, так и в наружных установках.

По сравнению с другими видами проводка в лотках требует значительно меньших затрат труда и может быть выполнена в цехе, где закончено строительство; она позволяет также снизить расход стальных труб. Лотки имеют разнообразную типовую конфигурацию, изготавливаются на специализированных заводах и их можно собирать в узлы и блоки.

В электротехнических помещениях лотки могут быть расположены на любой высоте, а во всех остальных помещениях — на высоте не менее 2 м от пола или площадки обслуживания; их устанавливают в самых разнообразных положениях (рис. 2-21) и подвешивают так, чтобы в них можно было прокладывать провода и кабели, не протягивая их вдоль лотка (крепления на подвесках должны быть съемными). При пересечениях лотков с другими коммуникациями или конструкциями стремятся не делать обходы, добиваясь прямолинейности лотковой трассы. Отдельные секции лотков соединяют между собой болтами с помощью перфорированных планок.

При пересечении лотков с трубопроводами расстояние от трубопровода до ближайшего провода или кабеля устанавливают не менее 50 мм, а при параллельной прокладке — не менее 100 мм. Если трубопроводы с горючими жидкостями и газами, то эти расстояния принимают при пересечении не менее 100 мм, а при параллельной прокладке не менее 250 мм.

Расстояния между точками крепления лотков обычно принимают 1,6—2 м. Конструкции и кронштейны для установки лотков прикрепляют к строительному основанию дюбелями, забиваемыми строительными монтажными пистолетами, или распорными дюбелями, а также приваркой к закладным деталям. Для надежного электрического контакта между секциями их поверхности в местах соединений зачищают до металлического блеска и смазывают вазелином. После сборки лотковой конструкции места соединения прихватывают электросваркой в нескольких точках. Прямолинейный лоток заземляют не менее чем в двух удаленных друг от друга точках, а каждое ответвление от него — на его конце.

Электропроводки заготавливают в мастерских на основании проекта и предварительных замеров. Длину проводов и кабелей выбирают с учетом особенностей трассы и запаса на ввод в электроприемники и на повторные соединения. После установки лотков производят прокладку проводов с помощью приспособлений в виде роликов или направляющих желобов, которые расставляют на трассе протягивания проводов или кабелей на расстоянии 10 м

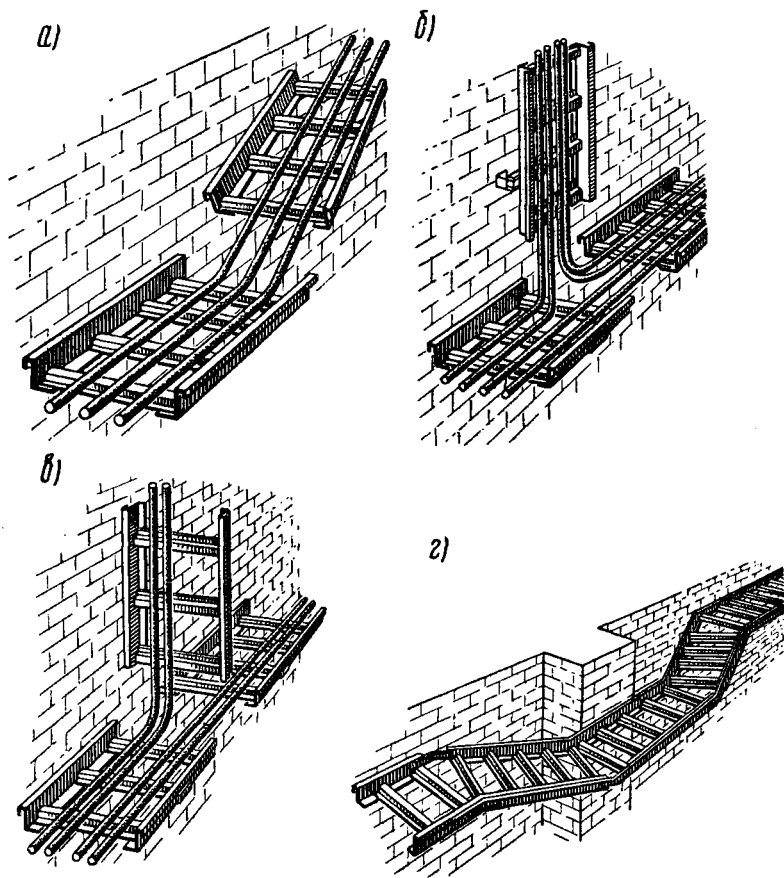


Рис. 2-21. Способы установки лотков:

*а* — горизонтально и наклонно по стене; *б* — горизонтально и вертикально  
 плашмя; *в* — горизонтально и вертикально на ребро; *г* — обход выступа

друг от друга, на углах и в местах изменения отметки. Кроме того, для подъема кабеля на лотки около барабана также устанавливаются ролик. Применяют также специальные приспособления для работы с землей (рис. 2-22), что обеспечивает более высокую производительность труда и качество работ.

Кабели и провода укладывают как в один ряд, так и пучками, скрепленными бандажами (рис. 2-23).

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 и при расположении лотков горизонтально (плашмя).

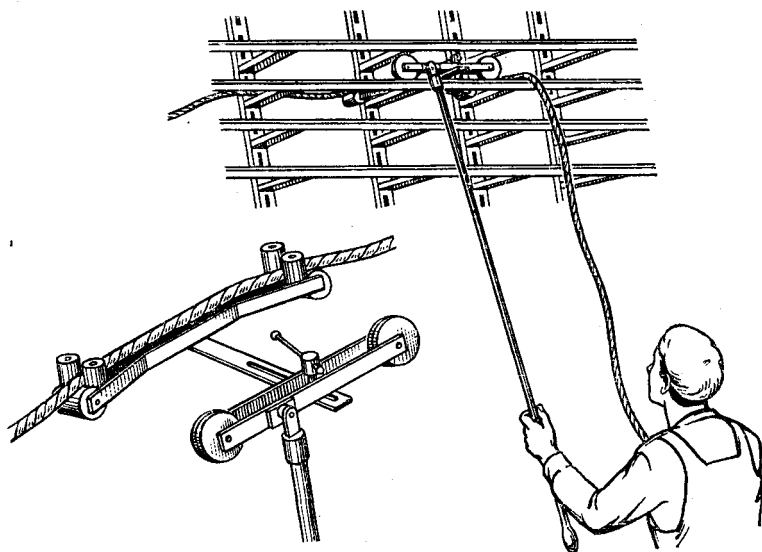


Рис. 2-22. Приспособления для прокладки кабелей в лотках

При открытой прокладке проводов и кабелей, когда необходима защита их от механических повреждений, применяют прокладку проводов и кабелей в коробах. *Коробом* называют закрытую полую конструкцию прямоугольного или другого сечения, предназначенную для прокладки в ней проводов и кабелей.

Короба делают глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба имеют только сплошные стенки со всех сторон без крышек. Они применяются в помещениях и наружных установках.

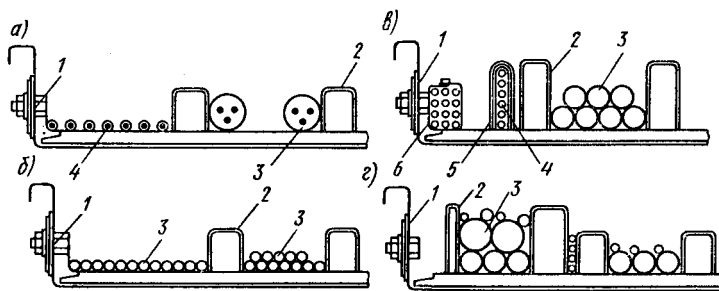


Рис. 2-23. Прокладка проводов и кабелей на лотках:

а — рядовая; б — сплошная однослойная и двухслойная; в — пакетами и пучками; г — пучками; 1 — лоток; 2 — разделительная обойма; 3 — кабели; 4 — провода; 5 — прижимная обойма; 6 — охватывающая обойма

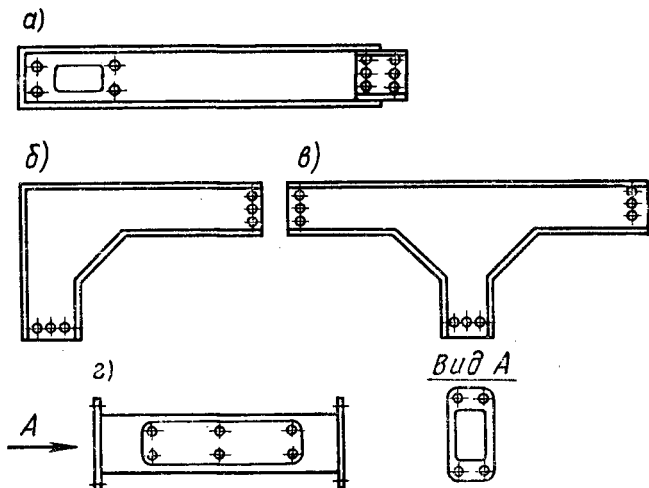


Рис. 2-24. Конструкция коробов:

а — прямая секция; б — угловая секция; в — Т-образная секция;  
г — вставка

Короба изготавливают из листового проката комплектами, включающими в себя секции: прямые, угловые и тройниковые с горизонтальным углом, а также углом вверх и вниз, крестообразные, торцовые крышки, вставки, соединительные скобы, уголки для крепления короба и т. п. (рис. 2-24).

В стальных коробах прокладывают провода одной или нескольких осветительных или силовых электросетей одного или нескольких связанных общим технологическим процессом агрегатов, кроме взаиморезервируемых цепей. Они снабжены легко снимаемой перегородкой, разделяющей короб на два канала для размещения проводов и кабелей различных цепей, совместная прокладка которых не допускается. Съемная крышка короба облегчает монтаж, позволяет в процессе эксплуатации легко заменять и прокладывать дополнительно новые провода и кабели.

Собранные короба устанавливают на кронштейнах по стенам или на подвесках, а также на технологическом оборудовании. Причем высота установки короба не нормируется. Расстояние между точками крепления короба должно быть не меньше длины секции. Прямые секции соединяют между собой соединительными скобами с помощью винтов. При соединении прямых секций с угловыми, тройниковыми или крестообразными соединительные скобы не требуются. Уложенные провода и кабели закрепляют в коробах планками. Провода и кабели в коробах укладывают так же, как и в лотках.

Для надежного заземления коробов и обеспечения непрерывности цепи заземления все элементы коробов в местах сопряжения приваривают электросваркой. В лотках и коробах прокладывают кабели и провода. В сухих и влажных средах прокладывают прово-

да АПВ, АПР, в жарких — АПР и АПРТО, в пыльных — АПВ, АПР и АППВ. Проложенные в лотках и коробах провода и кабели на концах и в местах ответвлений маркируют.

В качестве несущей конструкции короба специальной серии применяют для одно- или двухрядной подвески светильников с люминесцентными лампами; в них же прокладывают и провода питающей сети (рис. 2-25).

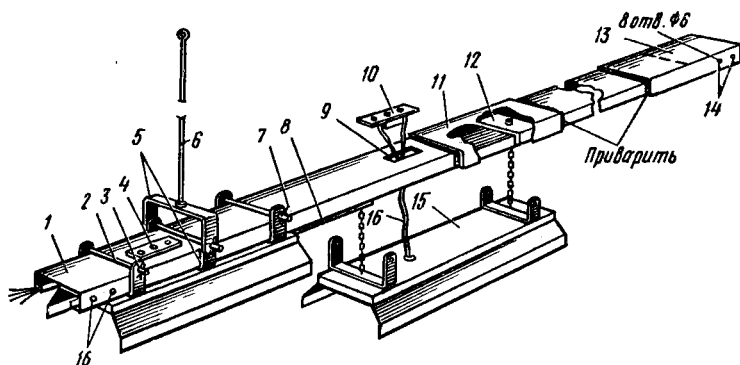


Рис. 2-25. Подвеска светильников на коробе:

1 — секция короба; 2 — шпилька; 3 — скоба для крепления светильника; 4 — крышка монтажного отверстия; 5 — скоба подвески; 6 — подвеска; 7 — шплинт; 8 — крышка; 9 — монтажное отверстие; 10 — малогабаритный сжим; 11 — накладка; 12 — держатель с цепочкой; 13 — соединительная накладка; 14 — отверстия для соединения секций; 15 — светильник; 16 — провод

## § 2-10. Монтаж шинопровода

*Шинопроводами (токопроводами)* называют сплошные короба с смонтированными в них шинами. В цехах промышленных предприятий при напряжении до 1000 В применяют:

а) открытые шинопроводы — с шинами, не защищенными от прикосновения или попадания на них посторонних предметов;

б) защищенные шинопроводы — с шинами, огражденными от случайного прикосновения и попадания на них посторонних предметов коробом из перфорированного листа;

в) закрытые шинопроводы — с шинами, смонтированными в сплошной короб.

Закрытые и защищенные шинопроводы, как правило, комплектуют из типовых элементов, изготавливаемых на заводах. Открытые шинопроводы выполняют частично в монтажных мастерских (конструкция с изоляторами), частично на месте монтажа (установка конструкций и прокладка по ним шин).

Открытые шинопроводы могут быть свободно лежащими и натяжными. Устройство и монтаж свободно лежащих открытых шинопроводов принципиально не отличаются от монтажа ошиновки распределительных устройств подстанций.

В натяжном шинопроводе шины закрепляют аналогично креплению троса при тросовой проводке, а между натяжными креплениями шины укладывают на изоляторы или на клицы. Монтаж открытого шинопровода складывается из работы по подготовке трассы, изготовлению шинопровода в мастерской и установке его в цехе. Соединения и ответвления шин, как правило, выполняют электросваркой; ответвления к потребителям — изолированным проводом в стальных трубах, реже бронированным кабелем — с помощью наконечников на болтовых зажимах.

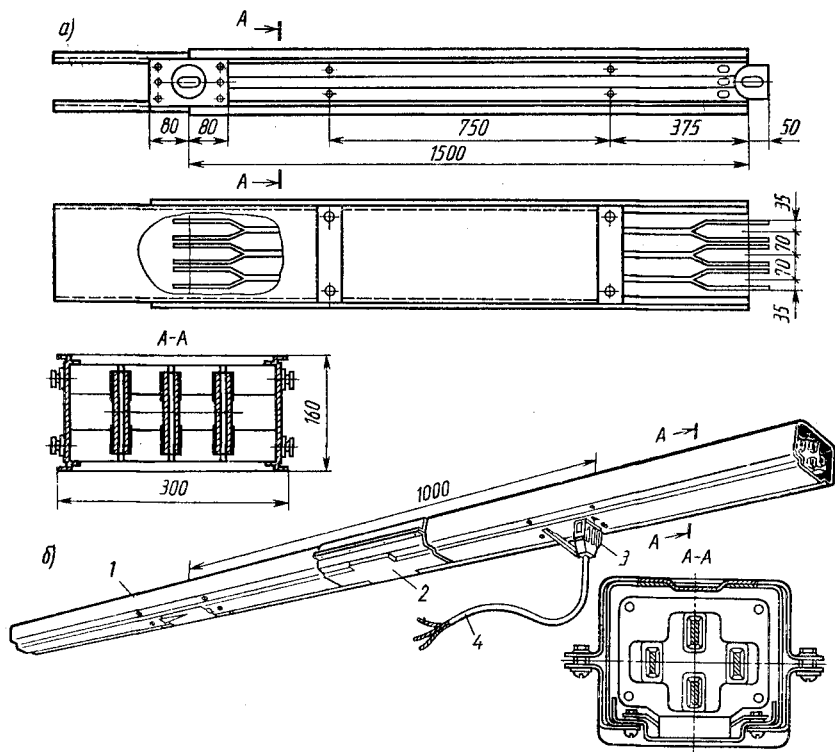
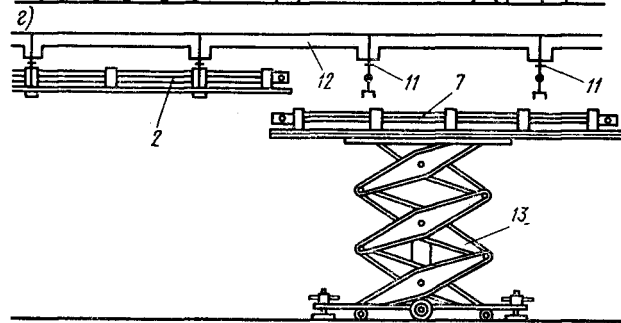
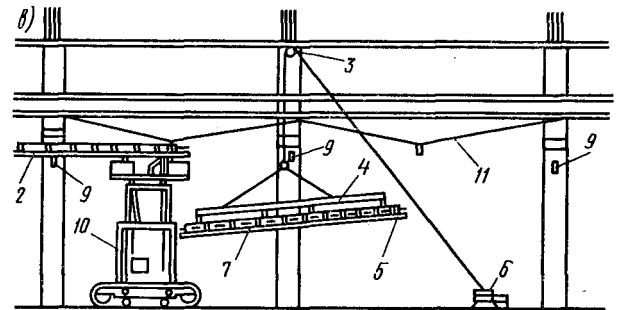
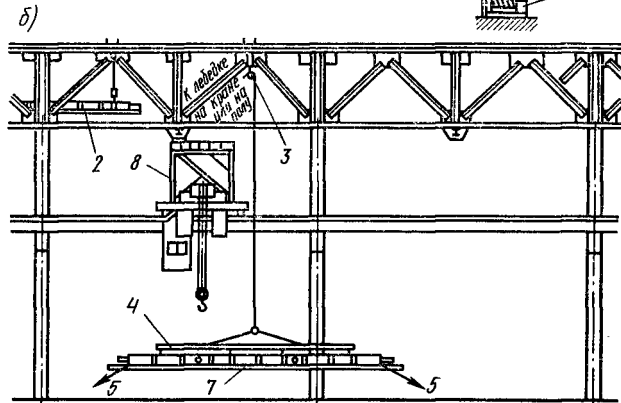
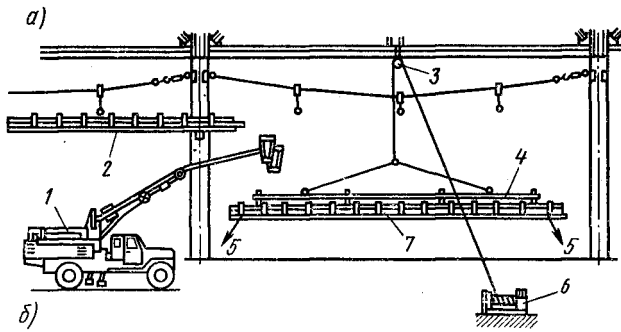


Рис. 2-26. Магистральный шинопровод ШМА-73:

*a* — распределительный ШРА-73; *б* — осветительный ШОС-73; 1 — прямая секция; 2 — соединительная муфта; 3 — ответвный штепсель; 4 — провод к светильнику

Закрытые комплектные шинопроводы, применяемые для сооружения цеховых магистральных и распределительных сетей, изготовляют на силу тока 1000, 1600, 2500, 4000 А и напряжение до 1000 В трехфазного тока (магистральные шинопроводы типа ШМА), а также на силу тока 250, 400 и 600 А и напряжение 380/220 В трехфазного тока (распределительные шинопроводы типа ШМА) (рис. 2-26, *a*).





В комплект шинопровода в зависимости от его схемы входят секции прямые, угловые (с изгибом шин на плоскость и ребро), ответвительные в двух исполнениях (для отпайки шинами и проводом), переходные, подгоночные, регулируемой длины, с рубильником; крышки торцовые, угловые, а также коробки ответвительные и вводные в различном исполнении (с автоматами, предохранителями, с указателем напряжения и др.). Кроме того, в комплекте с шинопроводами поставляют конструкции для установки и крепления шинопроводов (стойки, кронштейны, подвесы).

**Закрытые шинопроводы для сетей электрического освещения.** Применяют также комплектные освещения (осветительные шинопроводы типа ШОС) (рис. 2-26, б) и сооружения троллеев для кранов (троллейные шинопроводы типа ШТМ) соответственно на 25, 63, 100 А и 200, 400 А.

Осветительные шинопроводы обеспечивают полную индустриализацию монтажа осветительных сетей, гибкость, долговечность и взаимозаменяемость элементов, удобства эксплуатации, обусловленные наличием штепсельных разъемов, что допускает замену и ремонт как секций, так и светильников без отключения всей группы светильников (рис. 2-26, б).

При современном состоянии организации и техники монтажа секции шинопроводов в мастерских собирают в укрупненные блоки, которые затем монтируют в цехах строящихся предприятий (рис. 2-27).

Монтаж шинопроводов на строительной площадке сводится к их сборке и установке. Шинопроводы крепят на фермах, колоннах, стенах с помощью кронштейнов или подвесок, а также на полу на специальных стойках (преимущественно распределительные закрытые шинопроводы). Секции шинопроводов предварительно собирают в блоки из трех и четырех секций, а затем устанавливают на опорные конструкции. Секции шинопровода соединяют между собой болтами или сваркой, которой отдают предпочтение как наиболее прогрессивному способу. К коробу шинопровода приваривают заземляющие перемычки для создания непрерывной сети заземления. Такими же перемычками короб присоединяют к цеховой сети защитного заземления.

Общий вид расположения шинопроводов в цехе показан на рис. 2-28.

---

Рис. 2-27. Монтаж магистральных шинопроводов:

*а* — с автогидроподъемника; *б* — с мостового крана; *в* — с самоходных выдвижных подмостей; *г* — с гидравлической платформы; *1* — автогидроподъемник; *2* — смонтированный шинопровод; *3* — монтажный ролик; *4* — траверса для подъема блоков шинопроводов; *5* — веревочные оттяжки; *6* — лебедка; *7* — блок шинопровода; *8* — монтажная площадка на мостовом кране; *9* — кронштейн; *10* — самоходные подмости; *11* — тросовая подвеска; *12* — перекрытия; *13* — гидравлическая платформа

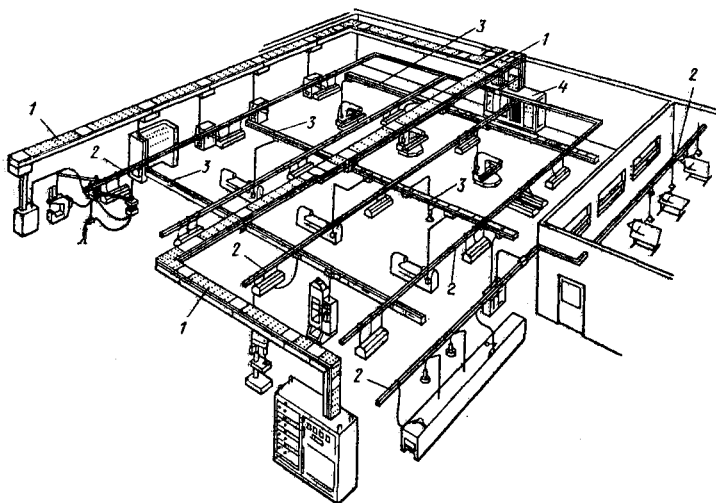


Рис. 2-28. Общий вид расположения шинпроводов в цехе:  
 1 — магистральные шинпроводы; 2 — осветительные; 3 — распределительные; 4 — комплектная трансформаторная подстанция

## § 2-11. Монтаж проводок во взрывоопасной среде

В соответствии с ПУЭ взрывоопасные зоны классифицируются на классы в зависимости от взрывоопасной окружающей среды.

Во взрывоопасных зонах всех классов применяют кабели с поливинилхлоридной, резиновой и бумажной изоляцией в поливинилхлоридной, резиновой и свинцовой оболочках и провода с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией в водогазопроводных трубах. Применение кабелей и проводов с полиэтиленовой изоляцией и кабелей в полиэтиленовой оболочке во взрывоопасных зонах всех классов запрещается.

Во взрывоопасных зонах классов В-1 и В-1а применяют кабели и провода только с медными жилами; в зонах классов В-1б, В-1г, В-1а и В-1п — кабели и провода с алюминиевыми жилами и кабели в алюминиевой оболочке. Во взрывоопасных зонах всех классов не применяют неизолированные (голые) проводники, в том числе токоподводы к кранам, электроталям и т. п.

Наименьшие допустимые сечения кабелей и проводов с медными и алюминиевыми жилами для взрывоопасных зон соответствующих классов принимают в соответствии с ПУЭ. Способы соединений жил и кабелей производят в соответствии с действующими монтажными инструкциями.

Жилы проводов и кабелей не соединяют винтовыми и болтовыми зажимами с давлением на жилу торцом винта или болта без прокладки или башмака, сжимами с винтами менее М4, резьбовыми конусными соединителями, голыми соединительными сжимами, даже если они после соединения покрываются изоляцией, припая-

ми с температурой плавления менее 200 °С. Способы прокладки проводов и кабелей выбирают исходя из рекомендаций ПУЭ. В силовых сетях напряжением до 1000 В в качестве зануляющих или заземляющих применяют специальную четвертую жилу кабеля или провода.

В целях надежного уплотнения вводов в электрооборудование и соединительные коробки применяют трех- и четырехжильные провода и кабели, имеющие в сечении только круглую форму. В осветительных сетях могут применяться двухжильные кабели, имеющие в сечении плоскую форму.

Во взрывоопасных зонах всех классов при монтаже силовых и осветительных сетей при отсутствии опасности механических повреждений или химических воздействий следует применять открытую прокладку кабелей преимущественно марок ВВВ, ВВВГ, ВВВШв, ВВВБГ, ВРБГ, СБГ, СБн, КРПС, КРПСИ, КРПГ.

Кабели прокладывают открыто по металлическим кабельным конструкциям, сварным и перфорированным лоткам, в коробах, по штукатурке, бетону, кирпичу, металлическим и другим строительным основаниям с креплением скобами или клицами, при этом поверхности не должны иметь острых кромок. Основные трассы кабелей располагают на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания. Рекомендуется лотки располагать на высоте 2,5—4 м. В электротехнических помещениях высота расположения лотков не нормируется. Трассы выбирают такими, чтобы избежать возможности попадания химически активных продуктов из технологических трубопроводов на лотки и проложенные по ним кабели, прокладываемые вплотную друг к другу без зазора.

При спусках и подводах кабелей к электрооборудованию независимо от высоты прокладки устройство дополнительных мероприятий по защите их от механических воздействий не требуется, за исключением случаев, когда создается возможность повреждения кабеля движущимися транспортными средствами. Отрезок кабеля от пускателя к двигателю крепят скобой к перфорированной рейке с закладными гайками, установленной между стойками, при этом расстояние от сальника пускателя до скобы крепления должно быть не более 350 мм.

В зонах классов В-1, В-1а, В-11 и В-11а проходы открыто проложенных одиночных кабелей сквозь стены, перекрытия выполняют через заделанные в них отрезки труб с уплотнением конца трубы трубным сальником. При переходе кабелей в смежное взрывоопасное помещение трубные сальники устанавливают со стороны взрывоопасного помещения более высокого класса, а при одинаковых классах помещений — со стороны помещения, содержащего взрывоопасные смеси более высокой категории и группы. Для помещений класса В-1 трубные сальники устанавливаются по обе стороны прохода. При проходе кабелей через перекрытия отрезки труб выпускают из пола на 150—200 мм. Проходы кабелей через стены во взрывоопасных помещениях выполняют так, как это показано на рис. 2-29.

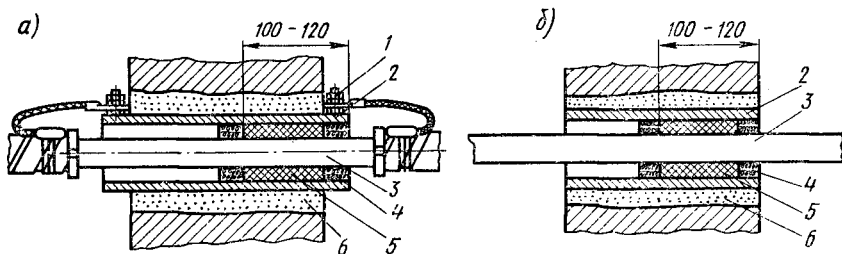
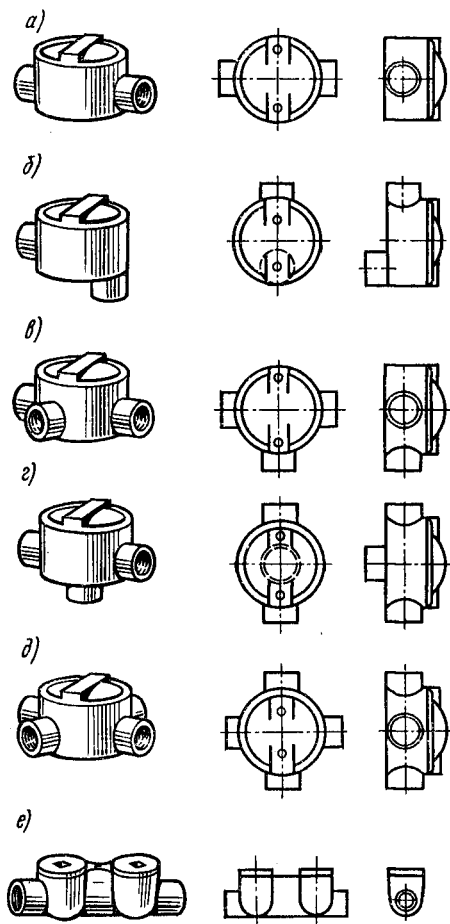


Рис. 2-29. Проходы одиночных кабелей сквозь внутренние стены зон классов В-I, В-Iа:

*a* — уплотнение составом УС-65 бронированных кабелей без наружного поливинилхлоридного покрова; *б* — уплотнение составом УС-65 небронированных и бронированных кабелей с поливинилхлоридным покрытием; 1 — болт заземления; 2 — отрезок трубы; 3 — кабель; 4 — набивка из асбестового шнура; 5 — уплотнительный состав УС-65; 6 — цементный раствор



Ввод кабеля марки ВВВ выполняют только в вводные коробки электродвигателей и вводные устройства аппаратов, имеющих на вводах резиновые (или другие) уплотнительные кольца. При вводах кабелей резиновые уплотнительные кольца надевают на наружные оболочки кабелей.

При необходимости защитить провода и кабели от механических или химических воздействий их заключают в стальные водогазопроводные трубы. Не применяют для этого тонкостенные и некондиционные водогазопроводные трубы. При этом трубы неоцинкованные очищают от ржав-

Рис. 2-30. Чугунные взрывозащитные коробки серии В:

*a* — проходная прямая (КПП); *б* — проходная через дно (КПД); *в* — тройниковая ответвительная (КТО); *г* — тройниковая с ответвлением в дно (КТД); *д* — крестовая осветительная (ККО); *е* — проходная разделительная для локальных испытаний (КПЛ)

чины и покрывают внутри и снаружи краской. При прокладке в химически активной среде краска должна быть стойкой к химическому воздействию. При скрытой прокладке трубы снаружи окрашивать не следует. Для соединений, ответвлений и протягивания проводов и кабелей в стальных трубах применяют чугунные взрывозащищенные коробки серии В (фитинги) (рис. 2-30).

Во взрывоопасных зонах стальные трубы в бетонируемых полах заглубляют не менее чем на 20 мм от поверхности пола. Длина открыто прокладываемых трубопроводов должна быть максимально сокращена, например, для осветительных сетей за счет переноса сети от стен здания на линию расположения светильников (рис. 2-31). Во избежание скопления взрывоопасной пыли на трубах и конструкциях в помещениях классов В-11 и В-11а трубы прокладывают в один слой с просветами между ними, а также между трубами и стеной не менее чем 20 мм; конструкции для крепления труб применяют с малыми горизонтальными поверхностями.

Электротехнические трубопроводы располагают ниже технологических трубопроводов, несущих горючие пары и газы, имеющие плотность менее 0,8 относительно плотности воздуха, и выше технологических трубопроводов, несущих пары и газы плотностью более 0,8 относительно плотности воздуха. При прокладке по эстакадам установок класса В-1г электротехнические трубопроводы прокладывают на стороне эстакады, свободной от технологических тру-

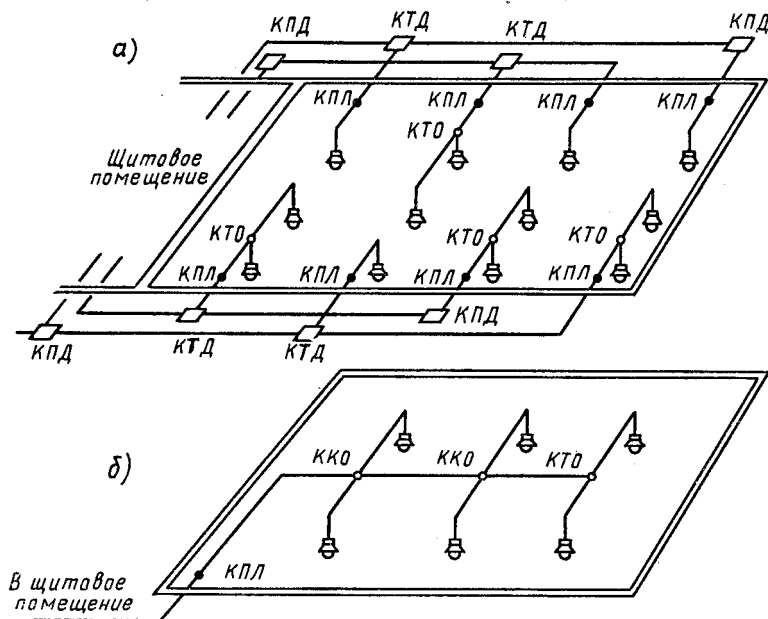
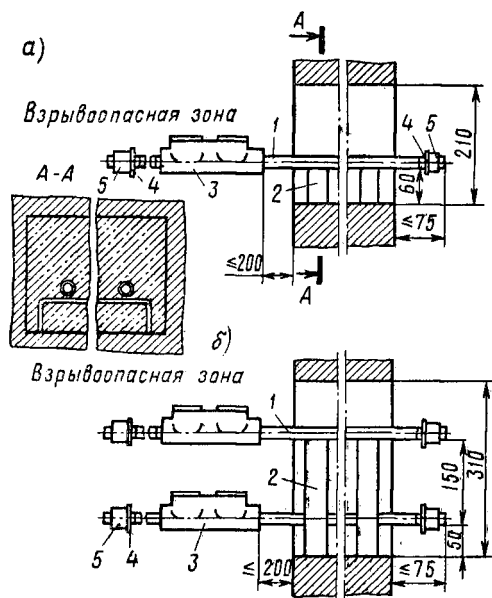


Рис. 2-31. Разводка трубопроводов осветительной сети в помещениях со взрывоопасными зонами:

а — класса В-1; б — классов В-1а, В-1б, В-11 и В-11а (установка коробок КПЛ только в зоне класса В-1а)



бопроводов. В сырых помещениях трубопроводы прокладывают с уклоном в сторону соединительных и протяжных коробок, а в особо сырых помещениях и снаружи — в сторону специальных водосборных трубок. В сухих и влажных помещениях уклон делают в сторону коробок только там, где может образоваться конденсат.

Рис. 2-32. Металлические рамы с отрезками труб и коробками КПЛ:

а — для одного ряда труб; б — для двух рядов труб; 1 — отрезок трубы; 2 — рама из стальных полос; 3 — коробка КПЛ; 4 — контргайка; 5 — муфта

Отдельные трубы, выходящие из взрывоопасных помещений, заделывают в местах прохода сквозь стены, полы и междуэтажные перекрытия цементным раствором или другими несгораемыми материалами по всей толщине стены или перекрытия так, чтобы газы, пары или пыль через щели и зазоры не проникали в соседние помещения. В случае прохода через стену нескольких труб применяют стальные патрубки, приваренные к металлическим рамам (рис. 2-32), с накрученными на один конец каждого патрубка коробками с разделительным уплотнением. Трубы между собой, а также с фитингами, коробками, ящиками, с вводной арматурой машин, кожухами аппаратов, светильниками (рис. 2-33) соединяют на резьбе с подмоткой пеньковой пряжи, пропитанной олифой или тертыми на масле красками (железным суриком, белилами), или ленты ФУМ. Подчеканка резьбовых соединений не допускается. При соединении труб сгонами с муфтой или футорками устанавливают контргайки, а резьбу покрывают масляной краской так, чтобы исключить самоотвертывание от вибрации или сотрясений.

Места присоединения трубопроводов к машинам, аппаратам и светильникам должны допускать возможность замены машин, аппаратов и других устройств без демонтажа трубной прокладки. При необходимости эти присоединения делают на сгонах с контргайками. Вводы проводов и кабелей в корпуса или кожухи машин, аппаратов, светильников и других делают совместно с трубами или их переходными арматурами в виде трубчатых или коробчатых оконцевателей.

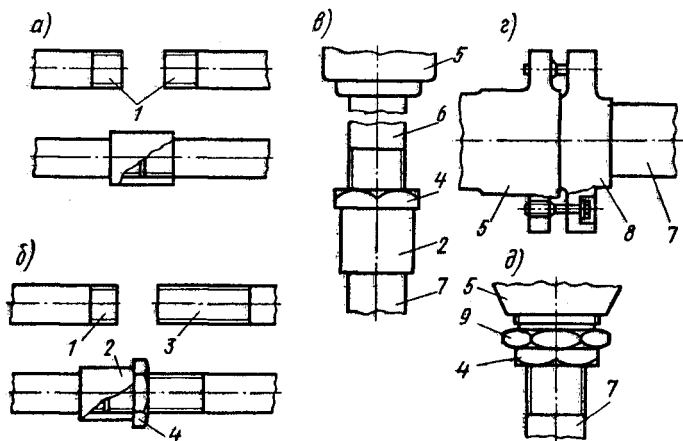


Рис. 2-33. Схемы неразъемных (а) и разъемных (б) соединений стальных трубопроводов между собой и с электрооборудованием с применением стандартного сгона (в), нажимной муфты (г) и сальниковых втулок (д):

1 — короткая резьба; 2 — муфта; 3 — длинная резьба; 4 — контргайка; 5 — вводное устройство; 6 — стандартный сгон; 7 — трубопровод; 8 — нажимная муфта; 9 — уплотнительная резьбовая сальниковая гайка

Для отделения объема вводных устройств взрывозащищенных электрических машин, аппаратов, светильников, а также для предотвращения перехода взрывоопасной смеси из одного помещения в другое или наружу на трубопроводах во взрывоопасных помещениях устанавливают разделительные уплотнительные коробки КПП или КПЛ, предусматривающие возможность локальных испытаний, заполняемые уплотняющими замазками и мастиками.

Такие уплотнения устанавливают в местах перехода трубопроводов из взрывоопасных помещений высших классов во взрывоопасные помещения низших классов (например, из помещения класса В-1 в помещение класса В-1а); в местах перехода трубопроводов из одних взрывоопасных помещений в другие, если они содержат взрывоопасные смеси других категорий или групп; в местах перехода из помещений взрывоопасных в невзрывоопасные или наружу; в помещениях классов В-1, В-1а, В-11 и В-11а при вводе труб в вводные устройства электрических машин, аппаратов, коробок с наборными зажимами, если вводные устройства или патрубki их не уплотнены или уплотнены недостаточно.

Разделительные уплотнения устанавливают в помещениях высшей категории в непосредственной близости от места выхода трубы из стены. При вводе проводов в стальных трубах в светильники, имеющие резиновые уплотнительные прокладки, разделительные уплотнения в виде специальных фитингов не устанавливают. В этом случае каждый проводник пропускают через отдельное отверстие в уплотнительной прокладке. В качестве уплотнителя

применяют состав УС-65. Трубы с условным проходом больше 50 мм с кабелями можно уплотнять набивкой в трубу кабельного жгута или асбестового шнура на глубину 100—120 мм с последующим заполнением уплотнительным составом УС-65 и набивкой сверху кабельного жгута или асбестового шнура (рис. 2-34).

Во взрывоопасных зонах любого класса заземляют (зануляют) электроустановки всех напряжений переменного и постоянного тока; при установке электрооборудования на металлических конструкциях заземляющие и нулевые защитные проводники присоединяют непосредственно к корпусам электрооборудования — к заземляющему зажиму на корпусе или к заземляющему (нулевому) зажиму в вводном устройстве; в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников используют только специально предназначенные для этого проводники. Использование для этого конструкций зданий, стальных труб электропроводок, металлических оболочек и брони кабелей допускается только как дополнительное мероприятие.

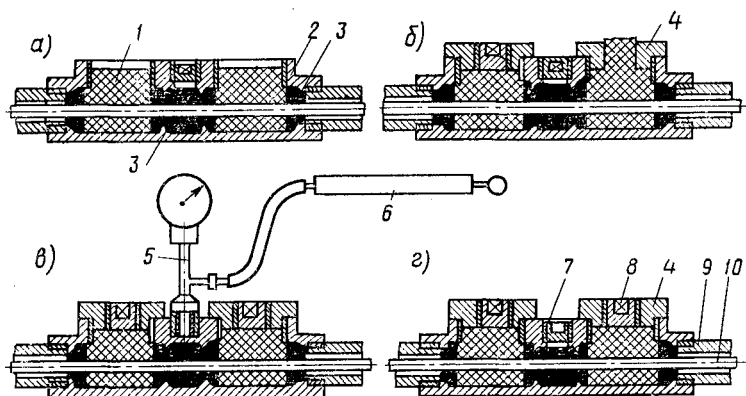


Рис. 2-34. Разделительное уплотнение в коробке КПЛ:

*а, б, в, г* — процессы монтажа и испытания уплотнительного разделения; *1* — уплотнительный состав УС-65; *2* — корпус; *3* — набивка из асбестового шнура; *4* — крышка; *5* — приспособление для испытания разделительных уплотнений в коробках КПЛ; *6* — насос; *7, 8* — пробки; *9* — трубопровод; *10* — кабель или провод

Отдельно проложенные проводники заземления в местах прохода сквозь стены, полы, потолки и фундаментные плиты помещений с взрывоопасными зонами прокладывают в отрезках асбоцементных, стальных труб или в проемах. Отверстия в трубах и проемах должны быть тщательно заделаны с обеих сторон легко пробиваемым негорючим материалом. Соединение заземляющих проводников внутри труб и проемов запрещается.

Лотки и кабельные конструкции для кабелей всех напряжений заземляют. Секции лотков и металлические полосы для прокладки кабелей должны иметь непрерывность цепи заземления и присоединяться к магистрали заземления в начале и конце линии.



Стальные трубы заземляют с обоих концов. Трубы, не имеющие соединений, могут быть заземлены в одном месте. Стальные трубы при присоединении их резьбой к электроприемникам, имеющим металлические вводные устройства, не требуют дополнительного заземления с этого конца, так как заземление осуществляется через нажимную муфту вводного устройства.

Непрерывность цепи заземления стальных труб осуществляется при неразъемном соединении наворачиванием муфты на короткую резьбу до упора одной трубы и ввертыванием до упора второй трубы в муфту; при разъемном соединении — наворачиванием на длинную резьбу одной трубы контргайки и муфты, наворачиванием муфты на короткую резьбу второй трубы до упора и закреплением муфты контргайкой. Соединение труб с вводными устройствами коробок, аппаратов и других электроприемников осуществляется ввертыванием труб с короткой резьбой до упора. Все резьбовые соединения выполняют с подмоткой на резьбу ленты ФУМ или пенькового волокна, пропитанного в разведенном олифой сурике. Приварка муфт к трубам, а также установка у муфт и коробок заземляющих перемычек на соединениях труб запрещается.

Металлоконструкции, на которых устанавливают электрооборудование, заземленное специальной дополнительной жилой, не заземляют. Металлические трубы, короба, угловую сталь, применяемые для механической защиты кабелей, заземляют аналогично заземлению в невзрывоопасных зонах.

Заземление тросов, канатки или стальной проволоки тросовых проводок выполняют с двух противоположных концов присоединением сваркой к магистрали заземления. Допускается выполнять болтовое присоединение с защитой места контакта от коррозии.

Броню и металлическую оболочку кабелей любого напряжения в силовых и осветительных сетях заземляют с обоих концов. На конце кабелей при вводе в аппараты, имеющие вводные устройства из пластмассы, броню и металлическую оболочку допускается не заземлять или при возможности присоединять к проводнику магистрали заземления.

В осветительных сетях, выполненных кабелем в металлической оболочке, непрерывность цепи заземления оболочек у ответственных коробок обеспечивается припайкой концов гибких медных проводников к оболочкам и соединением других концов между собой опрессованием, сваркой или пайкой.

При подводе к электродвигателям и аппаратам бронированных кабелей с пластмассовой оболочкой трубы не доводят на 100 мм до вводных устройств, имея в виду присоединение их к наружному зажиму заземления на вводном устройстве. Заземление конца трубы осуществляется гибким стальным тросом, приваренным к флажковому наконечнику, который закрепляют на конце трубы между контргайками на резьбе и к зажиму заземления на корпусе электродвигателя или аппарата. При необходимости на трубе устанавливают третью контргайку для предотвращения ослабления контакта наконечника с трубой.

## § 2-12. Монтаж наружной проводки, проводки на чердаках и вводов в здания

К наружным проводкам относят проводки, исполненные изолированными проводами, проложенными по наружным стенам зданий и сооружений, между зданиями, под навесами, а также на отдельных опорах с тремя-четырьмя пролетами до 25 м каждый вне улиц и дорог. Провода прокладывают на высоте не менее 2,75 м от поверхности земли. При пересечении пешеходных дорожек это расстояние принимают не менее 3,5 м, а при пересечении пожарных проездов и путей для перевозки грузов — не менее 6 м.

Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки располагают или ограждают таким образом, чтобы они были недоступны для прикосновения с мест, где возможно частое пребывание людей (например, балкон, крыльцо).

От указанных мест эти провода открыто по стенам прокладывают на расстоянии не менее, м:

При горизонтальной прокладке:	
под балконом, крыльцом, а также над крышей промышленного здания . . . . .	2,5
над окном . . . . .	0,5
под балконом . . . . .	1,0
под окном (от подоконника) . . . . .	1,0
При вертикальной прокладке до окна . . . . .	0,75
То же, до балкона . . . . .	1,0
От земли . . . . .	2,75

При подвеске проводов на опорах около зданий расстояние от проводов до балконов и окон принимают не менее 1,5 м при максимальном отклонении проводов. Наружную электропроводку по крышам жилых, общественных зданий и зрелищных предприятий не делают, за исключением вводов в здания (предприятия) и ответвлений к этим вводам. Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки при прикосновении следует рассматривать как неизолированные.

Провода прокладывают на изоляторах, укрепленных на крюках, скобах или штырях. При пролете до 6 м расстояние между проводами принимают не менее 100 мм, а при больших пролетах — не менее 150 мм. Расстояние от опорных поверхностей или конструкций принимают не менее 50 мм. При пересечении с водосточными трубами на расстоянии 300—400 мм от них провода заключают в трубы или их прокладывают скрыто в борозде с заделкой каждого провода в отдельную изоляционную трубу, оконцованную фарфоровой воронкой. Выходные отверстия у воронок должны выступать из стен и быть направлены вниз.

Под навесами и в других местах, где исключена возможность непосредственного попадания на проводку дождя и снега, изолированные провода прокладывают на роликах больших размеров. Ввод проводов в здания выполняют через стену, а в одноэтажных зданиях при недостаточной их высоте — через крышу. При вводе проводов в здания со столбов воздушных линий, а также при пере-

ходах проводов от одного здания к другому и в иных концевых точках провода закрепляют на изоляторах «заглушками».

Для ввода в здания нескольких проводов через каменные стены пробивают общее отверстие, а в деревянных сверлят отверстия для каждого провода. В обоих случаях каждый провод заключают в отдельную изоляционную трубку, которую оконцовывают вне здания воронкой, отверстием вниз, а внутри — втулкой. Выходные отверстия воронок и втулок заливают изоляционной массой. Провода, проходящие через стены, соединяют скруткой с проводами, закрепленными на изоляторах заглушками. Расстояние от установленных на стенах зданий изоляторов ввода до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м. Расстояние между проводами ввода и от них до карнизов и свесов крыши должно быть не менее 200 мм.

Вводы в здания через крышу выполняют в стальной трубе (стойке), на которой укрепляют концевые изоляторы (см. рис. 2-1). Трубу изгибают на  $180^\circ$  отверстием вниз во избежание попадания в нее влаги. При необходимости стойку раскрепляют на растяжках. Расстояние от изоляторов ввода до крыши должно быть не менее 2,5 м.

Вне зданий изолированные провода прокладывают в трубах, а кабели с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с защитной оболочкой — открыто. На коротких участках, например к номерным фонарям у домов, по наружным стенам зданий выполняют скрытую прокладку плоскими проводами. В промышленных и жилищно-гражданских зданиях электропроводки выполняют иногда по чердачным помещениям. Учитывая сложную эксплуатацию электропроводок на чердаках — недостаточный надзор, повышенную пожарную опасность, пыльную среду, неотопливаемость помещений, к ним предъявляются повышенные требования.

Чердачным помещением называют такое непроизводственное помещение над верхним этажом здания, потолок которого является крыша здания и которое имеет несущие конструкции (кровлю, фермы, стропила) из сгораемых материалов. Аналогичные помещения, конструкции которых выполнены из негоряемых материалов, не рассматриваются как чердачные помещения.

На чердаках прокладывают лишь электропроводки, относящиеся к вводам в здания, и магистрали, а также ответвления к электроприемникам, установленным непосредственно на чердаках. Ответвления к приемникам, установленным вне чердаков, допускают только при условии прокладки их в стальных трубах или скрыто в негоряемых стенах и перекрытиях. Соединительные и ответвительные коробки применяют только металлические.

В чердачных помещениях применяют открытые электропроводки проводом или кабелем, проложенным в трубах, или защищенные провода и кабели в негоряемых или трудногоряемых оболочках, прокладывая их на любой высоте. Незащищенные изолированные одножильные провода на роликах или изоляторах прокладывают на высоте не менее 2,5 м; при высоте до проводов

менее 2,5 м их защищают от прикосновения или механических повреждений. При этом в чердачных помещениях производственных зданий проводку выполняют только на изоляторах. Скрытую проводку выполняют только в стенах или перекрытиях из негорючих материалов.

Открытые электропроводки в чердачных помещениях выполняют проводами и кабелями с медными жилами. Провода и кабели с алюминиевыми жилами применяют в чердачных помещениях зданий с негорючими перекрытиями — при открытой прокладке их в стальных трубах или скрытой прокладке в негорючих стенах и перекрытиях.

Соединение и ответвление медных или алюминиевых жил проводов и кабелей в чердачных помещениях осуществляют в металлических соединительных (ответвительных) коробках сваркой, опрессовкой или с применением сжимов, соответствующих материалу, сечению и количеству жил.

### § 2-13. Монтаж защитного заземления

Под *заземлением* (любой части электроустановки) понимают преднамеренное электрическое соединение с заземляющим устройством, состоящим из заземлителя и заземляющих проводников. Заземлители подразделяют на естественные и искусственные. В качестве *естественных заземлителей* используют проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы (кроме трубопроводов с горючими или взрывоопасными газами и жидкостями), металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей, свинцовые оболочки кабелей и т. п. В качестве *искусственных заземлителей* применяют отрезки стальных труб с толщиной стенок не менее 2,5—3,5 мм, круглой стали диаметром не менее 6 мм и металлические пластины.

В соответствии с требованием ПУЭ во всех электроустановках напряжением до 1000 В и выше для обеспечения безопасности людей к заземляющим устройствам присоединяют корпуса электрооборудования и отдельные элементы электроустановок, не находящиеся под напряжением. Кроме того, устройство заземления необходимо для обеспечения определенного режима работы электрических установок в нормальных и аварийных условиях. В этом случае к заземляющим устройствам подключают токоведущие части электроустановок. Цель *защитного заземления* — уменьшение напряжения на заземленном оборудовании в момент прохождения тока замыкания на землю, а также выравнивания напряжения в зоне растекания тока и уменьшения напряжения прикосновения и шага, что служит защитой от поражения электрическим током.

Совокупность заземлителя и заземляющих проводников составляет заземляющее устройство, которое включает в себя заземлители — проводник (электрод) или группу электрически соединенных между собой проводников (электродов), располагаемых

в земле или имеющих назначение создать электрическое соединение с землей; заземляющие проводники — проводники, соединяющие заземляемые части аппаратуры с заземлителями; магистраль заземления — проводник, электрически объединяющий заземляющие проводники.

Под сопротивлением заземляющего устройства понимается сопротивление заземляющих проводов вместе с сопротивлением растеканию заземлителя, т. е. сопротивление прохождению электрического тока через заземлители зависит от качества и состояния грунта, в котором находится заземлитель, типа заземлителя, глубины его заложения и взаимного расположения заземлителей. Качество грунта с точки зрения его электрической проводимости определяется значением удельного электрического сопротивления, которое для некоторых грунтов в зависимости от их физического состояния находится в широких пределах (торф, речная вода, скальные грунты таким колебаниям не подвержены). В грунтах с большим удельным сопротивлением прибегают к специальным мерам, чтобы уменьшить его значения (вводят в грунт соли, влагу и др.).

При монтаже наружного контура заземляющего устройства в соответствии с проектом роют траншею глубиной 0,5—0,7 м от планировочной отметки земли для забивки заземлителей и прокладки заземляющих проводников. Затем забивают вертикальные заземлители так, чтобы верхние их концы выступали из земли от дна траншеи на 200 мм. После этого в траншеи укладывают заземляющие проводники с минимальным сечением  $48 \text{ мм}^2$  и приваривают их к вертикальным заземлителям.

Заземлители заглубляют в грунт с помощью вибро- или электромагнитных погружателей или автотомбура с приставкой для забивания электродов-заземлителей. Заземляющие проводники присоединяют к искусственным заземлителям сваркой или с помощью хомутов (рис. 2-35, а, б, в). При этом внутренняя поверхность хомутов должна быть луженая, а место накладки хомута на трубе — зачищено до блеска. Для предохранения от коррозии сварные швы, находящиеся в земле, покрывают горячим битумом. В местах, где на трубопроводах, служащих в качестве естественных заземлителей, имеются фланцевые соединения для создания непрерывной цепи заземления, устанавливают перемычки сечением не менее  $4 \text{ мм}^2$  из голых медных проводников (рис. 2-35, г).

Применяют также заглубленные заземлители, которые в виде металлической сетки из полосовой стали и других устройств, изготовленные вместе с приваренными к ним заземляющими проводниками, укладывают на дно котлована при закладке фундамента зданий цехов и подстанций.

При монтаже сети заземления внутри зданий в качестве заземляющих проводников в первую очередь используют металлические конструкции зданий, подкрановые пути, алюминиевые оболочки кабелей, галереи и другие технологические металлические трубопроводы, кроме трубопроводов для горючих и взрывоопасных жидкостей и газов и т. п.

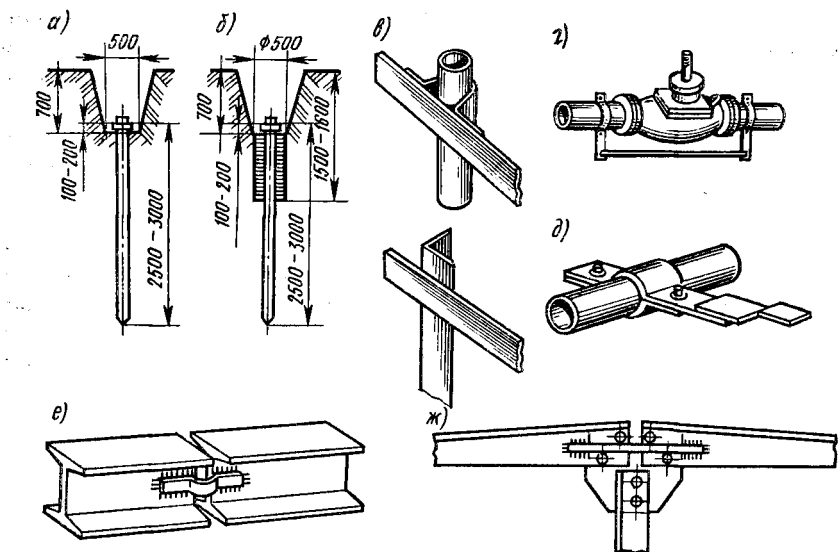


Рис. 2-35. Устройство заземления:

*а* — в грунте, не требующем специальной обработки; *б* — в грунте, требующем искусственного повышения проводимости; *в* — соединение заземлителей с полосовой сталью; *г* — устройство перемычки; *д* — присоединение стальной полосы к трубе на хомуте; *е* — на стыке двух балок сваркой; *ж* — то же, болтами

Если используют естественные заземляющие проводники, то их надежно присоединяют к наружным контурам заземляющих устройств. Все контактные соединения выполняют так, чтобы была обеспечена надежность контактов и непрерывность электрической цепи на всей длине. Для этого все соединения участков металлических конструкций сваривают; болтовые, заклепочные соединения и стыки перекрывают перемычками из стальных полос.

При открытой прокладке стальные трубы электропроводки, если их используют в качестве заземляющих проводников, надежно соединяют с помощью хорошо затянутых муфт на сурике или других конструкций, дающих надежный контакт (манжеты на сварке, на винтах, с клином и т. п.). При скрытой прокладке эти соединения выполняют только муфтами на сурике. При наличии длинного участка резьбы на конце трубы (сgone) ставят контргайки. Между трубами и корпусами электрооборудования, в которые вводят трубы, создают надежное металлическое соединение с помощью цапающих гаек, непосредственной приварки труб или установки перемычек.

Там, где не представляется возможным использовать в качестве заземляющих проводников указанные выше элементы зданий и конструкций, прокладывают заземляющую сеть из полосовой или круглой стали соответственно площадью поперечного сечения не менее  $24 \text{ мм}^2$ , толщиной 4 мм и диаметром не менее 5 мм. Шины заземления прокладывают открыто по стенам на высоте 0,4—0,6 м

от пола так, чтобы они были доступны для осмотра. В помещениях сырых с едкими парами шины прокладывают на расстоянии не менее 5—10 мм от стен. Расстояние между точками крепления 0,6—1 м. Шины крепят к стенам дюбелями. При пересечении дверных проемов шины могут быть уложены в полу, но при этом их защищают от механических повреждений отрезками стальных труб, а также угловой или швеллерной стали.

Все заземляющие искусственные проводники, а также перемычки, установленные в местах стыков конструкций, используемых в качестве заземляющих проводников, окрашивают в черный цвет (чтобы обозначить цепь заземления). Допускается окраска в иные цвета в соответствии с эстетическим оформлением помещения, но с обязательным в этом случае нанесением в местах присоединений и ответвлений не менее двух полос фиолетового цвета на расстоянии 150 мм друг от друга.

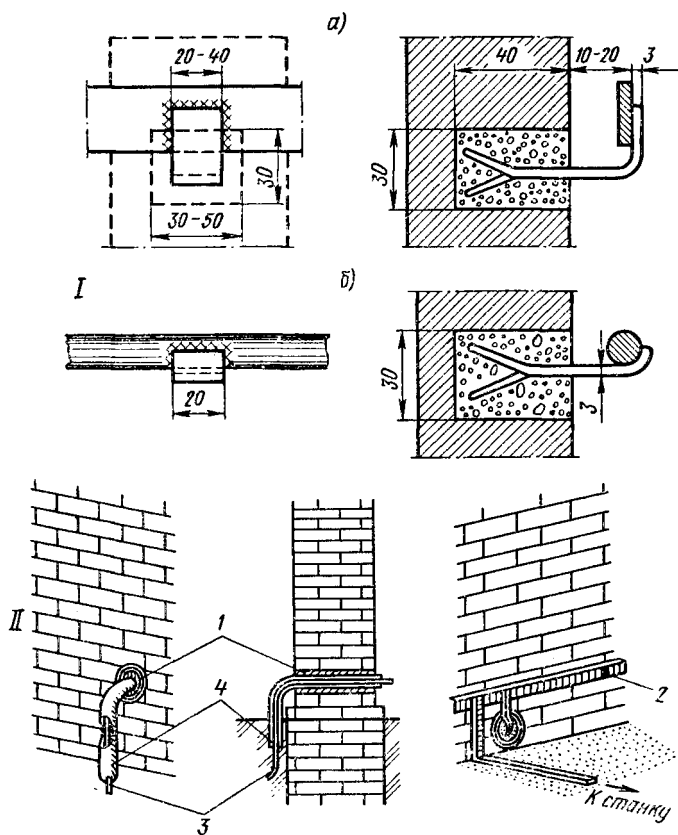


Рис. 2-36. Прокладка заземляющих проводников:

*I* — в сырых помещениях и на основаниях, не позволяющих крепление с помощью дюбелей; *a* — крепление проводников плоского сечения; *б* — то же, круглого сечения; *II* — способы прохода через стены и обхода проемов: 1 — цемент; 2 — дюбель; 3 — полоса заземления; 4 — труба

Прокладка заземляющих проводников показана на рис. 2-36.

При источниках питания с глухозаземленной нейтралью для преднамеренного электрического соединения нетоковедущих частей электрической аппаратуры используют нулевой провод, под которым понимают проводник, соединенный с глухозаземленной нейтралью источника питания в сети переменного тока, или средний заземленный проводник в трехпроводной сети постоянного тока, служащий обратным проводом при неравномерной нагрузке фаз или полюсов.

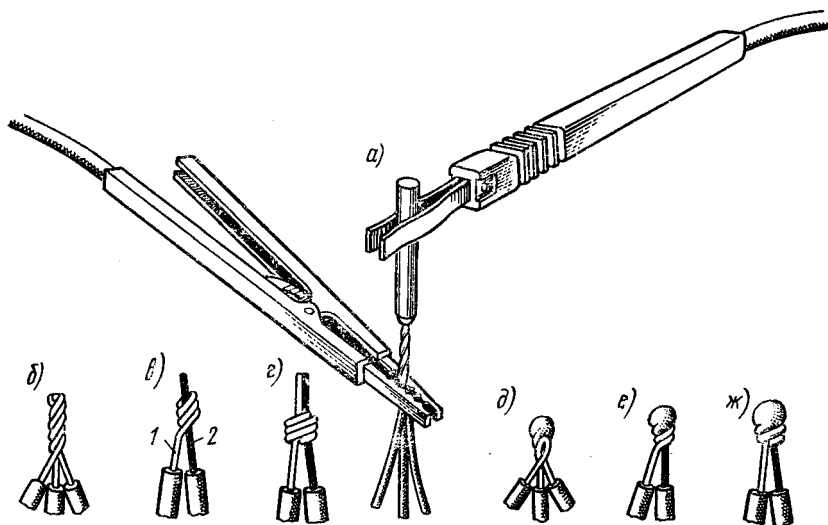
В соответствии с ПУЭ нулевой провод должен иметь проводимость не менее 50% проводимости фазного провода.

## § 2-14. Монтаж электрического соединения

При соединении и ответвлении медных и алюминиевых жил проводов и кабелей применяют газовую сварку (пропано-воздушную и пропано-кислородную), термитную сварку, электросварку, пайку, опрессовку, а также механические способы соединения с помощью сжимов и зажимов.

При пропано-воздушной и пропано-кислородной *сварке* применяют сжиженные топливные газы — бутан, пропан или их смеси. Состав смеси определяют в зависимости от температуры окружающей среды. В теплое время года применяют смеси с большим содержанием бутана, а в холодное — с меньшим.

Сварку алюминиевых и медных жил сечением до  $10 \text{ мм}^2$  контактным разогревом выполняют с помощью угольного электрода, закрепляемого в электрододержателе и подключенного к зажиму вторичной обмотки трансформатора мощностью не менее  $0,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  и напряжением во вторичной обмотке 9—12 В. Зачищенные и плотно скрученные жилы закрепляют в держателе, подключенном к другому зажиму (рис. 2-37).





При сварке алюминиевой жилы с медной оголенную алюминиевую жилу плотно навивают (три-четыре витка) на медную жилу так, чтобы конец последней выступал на 3—4 мм из-под витков. Скрученные жилы перед сваркой на длине 5—6 мм покрывают тонким слоем флюса. Электрод прижимают к торцу выступающего конца медной жилы. После расплавления выступающего конца медной жилы и одного-двух витков алюминиевой жилы электрод отводится и сварка прекращается.

При большом объеме работ сварку алюминиевых жил сечением 2,5—4 мм<sup>2</sup> выполняют без флюса с помощью аппарата ВКЗ-1 (рис. 2-38). Зачищенные и предварительно скрученные жилы зажимают

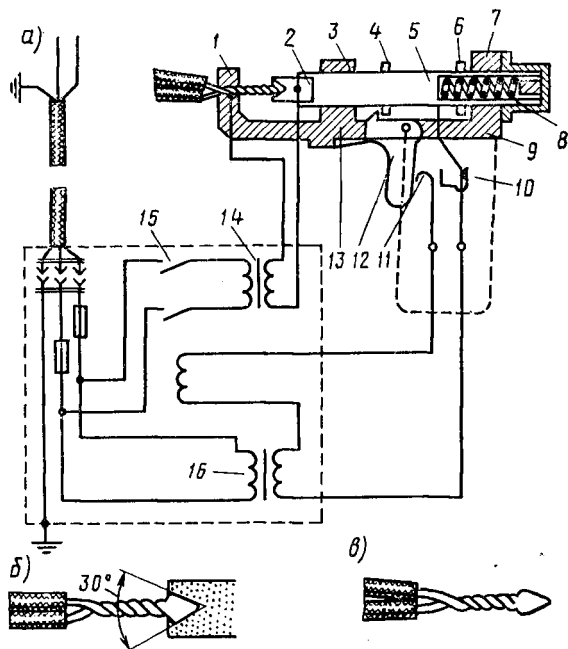


Рис. 2-38. Сварка алюминиевых жил аппаратом ВКЗ-1:

*а* — схема питания аппарата ВКЗ-1 при сварке; *б* — положение жил и электрода при сварке; *в* — готовое соединение; 1 — губки зажима проводов; 2 — угольный электрод диаметром 10 мм; 3 — передняя стойка с отверстием; 4 — передний бортик стержня; 5 — полый стержень подачи; 6 — задний бортик стержня; 7 — задняя стойка с отверстием; 8 — пружина подачи; 9 — сварочный пистолет; 10 — контакт отключения; 11 — контакт включения; 12 — спусковой рычаг; 13 — основание; 14 — трансформатор сварочный 220/10 В; 15 — реле включения; 16 — трансформатор управления 220/36 В

Рис. 2-37. Сварка жил угольным электродом:

*а* — сварка; *б* — алюминиевые жилы, подготовленные к соединению; *в*, *г* — алюминиевая и медная жилы, подготовленные к соединению; *д* — сварное соединение алюминиевых жил; *е*, *ж* — сварное соединение алюминиевой жилы с медной; 1 — алюминиевая жила; 2 — медная жила

в губках держателя аппарата таким образом, чтобы их концы упирались в лунку угольного электрода. Нажатием на спусковой рычаг включает ток, угольный электрод под действием пружины подается вперед по мере оплавления жил. Сварка выполняется автоматически.

Для соединения жил проводов и кабелей больших сечений снимают изоляцию и очищают жилу от грязи и пропиточного состава тряпкой, смоченной в бензине, ацетоне или уайт-спирите. Для медных жил, имеющих металлопокрытие, на этом подготовку заканчивают. Медные жилы без металлопокрытия и алюминиевые жилы зачищают металлической щеткой или наждачной шкуркой до металлического блеска. Алюминиевые жилы для опрессовки зачищают под слоем нейтральной смазки. При подготовке алюминиевых жил к сварке или пайке смазку при очистке не применяют. Длину разделки делают в зависимости от способа соединения и сечения жилы.

При пропано-кислородной сварке соединения жил зачищенные жилы укладывают в смазанные мелом полуформы с кольцевыми выступами, исключающими вытекание металла. Полуформы скрепляют клиньями, устанавливают охладители и тепловой экран (рис. 2-39).

При сварке секторных жил их предварительно скругляют. Изоляцию жил за охладителями на длине 80—100 мм зачищают сухим асбестом у кабелей с бумажной изоляцией или увлажненным асбестом у кабелей с полимерной изоляцией. Сварку выполняют двухфакельной горелкой. Сначала открывают вентили на баллонах с пропаном и кислородом. Рабочее давление пропана устанавлива-

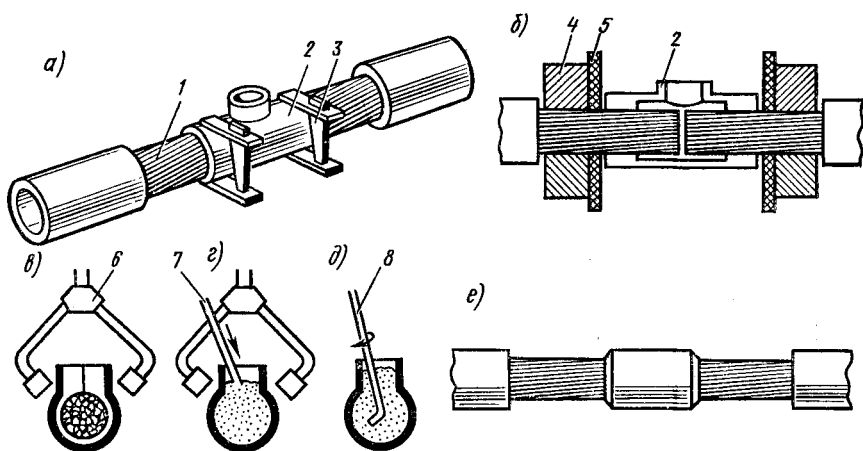


Рис. 2-39. Последовательность операций при пропано-кислородной сварке стыковых соединений жил:

а, б — подготовка к сварке; в — нагрев; г — введение присадки с подогревом; д — перемещение сварочной ванны; е — готовое соединение; 1 — жила; 2 — сварочная форма; 3 — клин; 4 — охладитель; 5 — экран из листового асбеста; 6 — газовая горелка; 7 — присадочный пруток; 8 — мешалка

ют равным 0,03 МПа (0,3 кг/см<sup>2</sup>) и кислорода 0,15 МПа (1,5 кг/см<sup>2</sup>). Открывают вентиль пропана на горелке и поджигают пламенем спички газ, затем открывают вентиль с кислородом и, установив нормально пламя, приступают к сварке.

После разогрева формы до красного цвета вводят присадку до полного заполнения литникового отверстия. При этом производят перемешивание сварочной ванны хромовой мешалкой. Нагрев прекращают после полного расплавления жил кабеля. После остывания ванны выбивают клинья, снимают форму, охладители и экраны. Ножовкой или специальными клещами удаляют литниковую прибыль и зачищают напильником неровности.

Соединения жил выполняют также с применением термитных патронов. Зажигание патронов осуществляется термитными спичками. Термитные патроны, поставляемые с завода-изготовителя россыпью, готовят заблаговременно, удаляя жировые и другие загрязнения с поверхности металлических деталей, входящих в комплект патрона; внутреннюю поверхность кокиля покрывают слоем мела, разведенного водой до пастообразного состояния, и просушивают до полного удаления влаги; кокиль вставляют в муфель термитного патрона таким образом, чтобы совпали их литниковые отверстия.

На зачищенные жилы и колпачки (втулки) с помощью волосяной кисточки наносят тонкий слой разведенного водой флюса (рис. 2-40). Алюминиевые колпачки (втулки) насаживают на концы жил и надевают на них термитный патрон. Стык жил должен находиться в центре литникового отверстия. Кокиль патрона уплотняют с торцов шнуровым асбестом, накладывают его на оголенные участки жил охладителя и закрепляют их. Между охладителями и термитным патроном устанавливают экраны из асбестового картона. Защитными экранами из асбестового картона защищают также жилы, не участвующие в сварке. Изоляция жил за охладителями на длине 80—100 мм должна быть защищена сухим асбестом у кабелей с бумажной изоляцией или слоем увлажненного асбеста толщиной около 10 мм у жил с резиновой или пластмассовой изоляцией.

Для увеличения начального объема расплавленного металла перед началом сварки рекомендуется конец присадочного прутка сложить несколько раз и ввести в литниковое отверстие термитного патрона.

При сварке жил кабелей сечением 625 и 800 мм<sup>2</sup> на боковую поверхность патрона по обе стороны от литникового отверстия необходимо наложить теплоизоляцию из ленты асбестового картона, закрепив жилы бандажами из листовой стали толщиной 1—1,5 мм.

Электросваркой соединения алюминиевых жил выполняют методом контактного разогрева, основанным на выделении необходимой для сварки теплоты в месте контакта угольного электрода со свариваемыми жилами или же угольных электродов между собой при прохождении по ним тока. Сварку производят в формах из

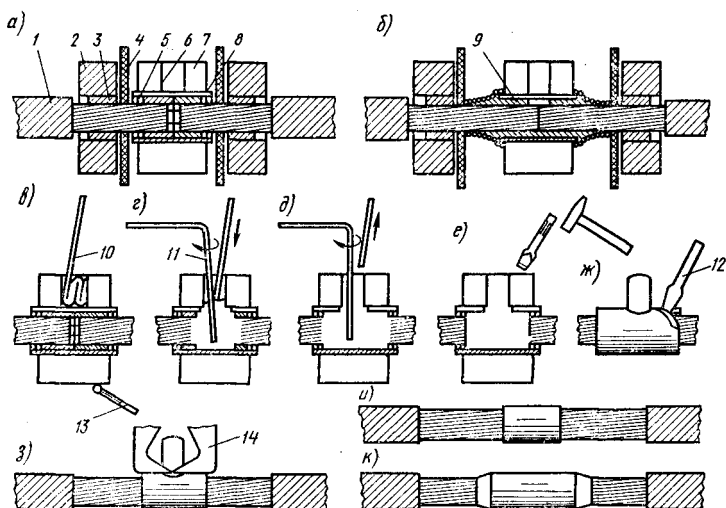


Рис. 2-40. Последовательность термитной сварки встык:

*а, б* — сборка под сварку соединений жил (*а* — на напряжение до 10 кВ; *б* — на 25 и 35 кВ); *в* — введение присадки; *г* — скалывание остывшего муфеля; *д* — перемешивание расплава и добавка присадки; *е* — скалывание остывшего муфеля; *ж* — удаление кокиля; *з* — скусывание остывшего муфеля; *и, к* — готовое соединение жил (*и* — напряжение до 10 кВ; *к* — на 25 и 35 кВ); *1* — жила провода или кабеля; *2* — охладитель; *3* — вкладыш охладителя; *4* — асбестовый экран; *5* — уплотнение из асбестового шнура; *6* — алюминиевый колпачок (штулка); *7* — муфель патрона; *8* — стальной кокиль; *9* — алюминиевая гильза для жил кабелей напряжением 20 и 35 кВ; *10* — присадочный пруток; *11* — мешалка; *12* — отвертка; *13* — термитная спичка; *14* — специальные губки клещей ПК-1

графитированного угля или стали с помощью трансформатора мощностью 1,5—1 кВт и вторичным напряжением 8—12 В. Подготовку жил выполняют аналогично термитной сварке или сварке пропано-кислородным пламенем.

*Пайкой* соединяют металлические части с помощью более легкоплавкого сплава (припоя). В процессе соединения жил проводов и кабелей пайкой необходимо тщательно удалить пленку окиси с их поверхностей. Соединение медных многопроволочных жил пайкой выполняют с помощью медных гильз с применением оловянисто-свинцового припоя марки ПОС-40.

При пайке многопроволочных алюминиевых жил для предварительного облуживания всех проволочек жил их концы разделяют ступенями по повивам. Для оконцевания алюминиевых многопроволочных жил пайкой применяют наконечники такой же конструкции, что и при электросварке, но на один размер больше (с целью обеспечить достаточный зазор при заполнении его припоем). Для пайки алюминия применяют припой марок А (цинк 58—58,5 %, олово 40 %, медь 1,5—2 %) с температурой плавления 400—425 °С; ЦО-12 «Мосэнерго» (цинк 88 %, олово 12 %) с температурой плавления 500—550 °С; ЦА-15 (цинк 85 %, алюминий

15 %) с температурой плавления 550—600 °С. После пайки места соединений или окончаний тщательно очищают, покрывают лаком и изоляционной лентой.

С помощью пайки можно производить соединение медных жил с алюминиевыми, а также оконцевание алюминиевых жил медными наконечниками. В этом случае пользуются припоями А или ЦО-12 «Мосэнерго»; предварительно спаиваемые концы лудят; медных жил и наконечников припоем ПОС-40, алюминиевых жил — припоем А или ЦО-12 «Мосэнерго». При соединении и оконцевании алюминиевых и медных жил опрессовкой применяют механические и гидравлические прессы и клещи (рис. 2-41), а также пиротехнические устройства.

В зависимости от числа и сечения опрессовываемых жил подбирают гильзы, клещи, пуансоны и матрицы; зачищенные и смазанные пастой жилы вставляют в гильзу и опрессовывают; соединение покрывают лаком, изолируют липкой лентой и вторично покрывают лаком. Для получения этим методом надежных соеди-

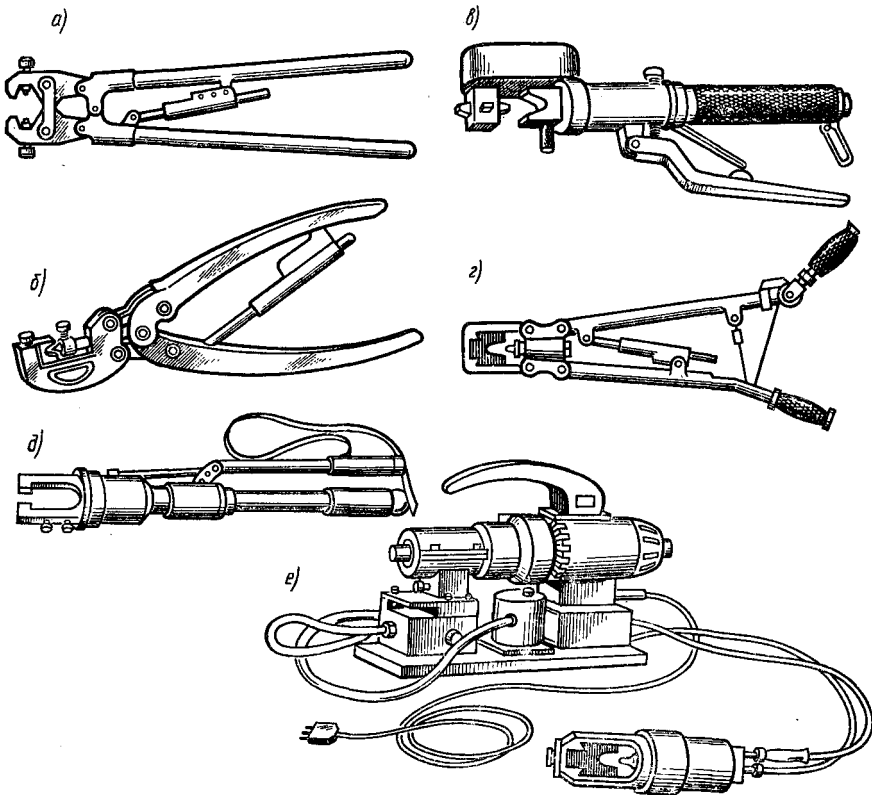


Рис. 2-41. Инструменты и механизм для опрессовки наконечников и гильз:

*а* — пресс-клещи ПК-1м; *б* — пресс-клещи ПК-2м; *в* — гидравлические монтажные клещи ГКМ; *г* — механический ручной пресс РМП-7м; *д* — гидравлический ручной пресс ПГР-20; *е* — гидравлический ножной пресс с электропроводом ПГЭП-2

нений и окончаний алюминиевых жил необходимо строго соблюдать технологию опрессовки, т. е. нужно правильно выбрать матрицы и пуансоны, наконечники или соединительные гильзы и довести до необходимых конечных размеров места обжатия (рис. 2-42).

Оконцевание жил наконечниками осуществляется аналогично соединению методами опрессовки, термитной, пропано-кислородной и электросваркой, а также закруткой в кольцо. Выбор метода оконцевания определяется материалом и сечением жил, а также

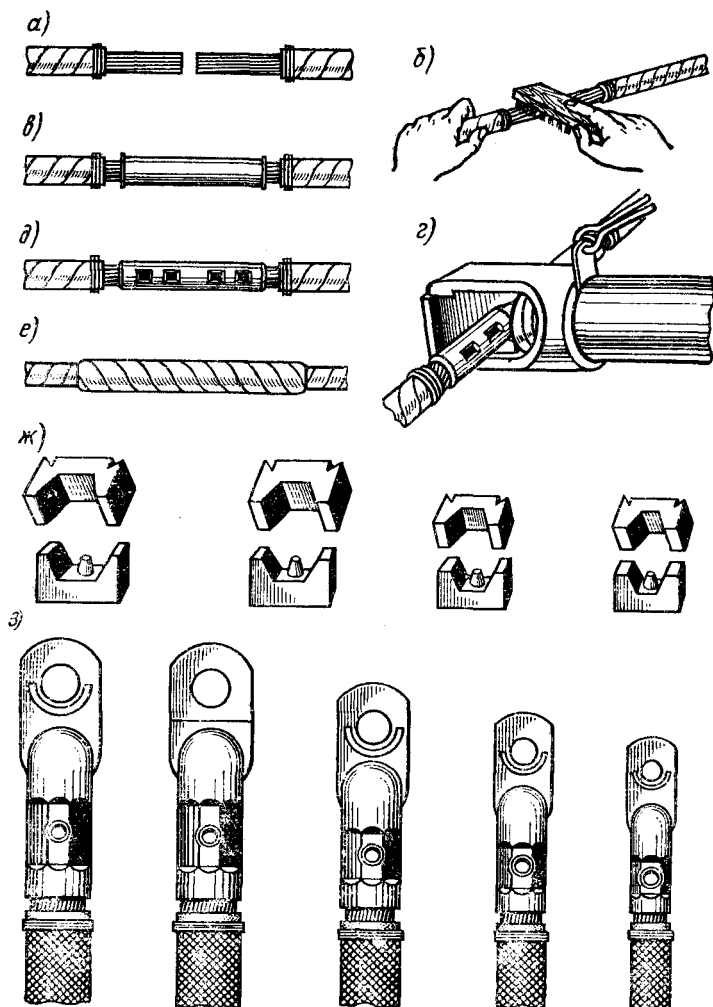


Рис. 2-42. Технология опрессовки при соединении алюминиевых жил сечением 16—240 мм<sup>2</sup>:

*а* — концы жил со снятой изоляцией; *б* — зачистка жил; *в* — подготовленное соединение; *г* — опрессовка; *д* — опрессованное соединение; *е* — готовое изолированное соединение; *ж* — набор матриц и пуансонов; *з* — напрессованные наконечники

требованиями надежности и наличием соответствующего оборудования и материалов. При оконцевании алюминиевых однопроволочных жил применяют специальные пиротехнические механизмы для образования из жилы наконечника.

На электроустановочных изделиях бытового и общепромышленного назначения (в том числе выключателях, переключателях и других установочных аппаратах, рассчитанных на ток 6, 10 и 15 А) для надежного контакта с алюминиевыми проводами применяют специальные шайбы (пружинящие устройства), обеспечивающие постоянное давление на присоединяемые провода, а также устройства (шайбы-звездочки), предохраняющие провода от выдавливания из-под контактного зажима. Подсоединяемый к зажимам конец алюминиевого провода тщательно зачищают шкуркой под вазелином, после чего смазывают кварцевазелиновой пастой.

На установочные изделия, контактные зажимы которых не приспособлены для присоединения к алюминиевым проводам, устанавливают дополнительно шайбу-звездочку и пружинную шайбу. Вместо установки шайбы-звездочки применяют запрессовку алюминиевого, предварительно зачищенного провода в кольцевом наконечнике (пистоне) (рис. 2-43).

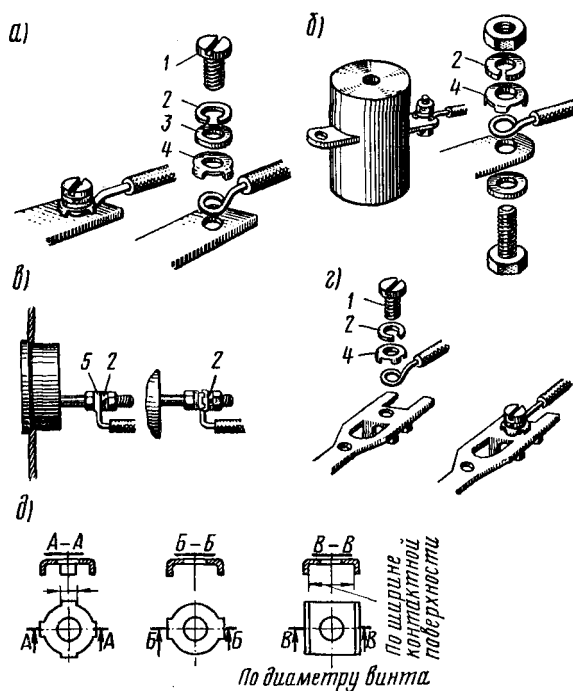


Рис. 2-43. Схемы присоединения (а — д) алюминиевых жил:  
 1 — винт; 2 — стандартная пружинная шайба; 3 — плоская шайба;  
 4 — ограничивающая шайба-звездочка; 5 — жила, опрессованная  
 в пистоне

## § 2-15. Монтаж групповых осветительных щитков и светильников

Для питания светильников общего освещения применяют напряжение не свыше 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрали и не свыше 200 В переменного тока при изолированной нейтрали. В помещениях без повышенной опасности указанное напряжение допускается для всех стационарных светильников вне зависимости от высоты их установки.

Питание специальных ламп (ксеноновых, ДРЛ, ДРИ, натриевых, рассчитанных на напряжение 380 В) и пускорегулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, имеющих специальные схемы (например, трехфазные) с последовательным соединением ламп, применяют напряжения не свыше 380 В, включая и фазное напряжение системы 660/380 В с заземленной нейтралью. Ввод в светильник и пускорегулирующую аппаратуру выполняют проводом или кабелем с медными жилами и изоляцией, рассчитанной на напряжение не менее 660 В; при этом обеспечивается одновременное отключение всех фазных проводов, вводимых в светильник.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных ввод в светильник двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 В не допускается. В таких помещениях светильники общего освещения с любыми лампами при высоте установки над полом или площадкой обслуживания менее 2,5 м применяют такой конструкции, при которой доступ к лампе без применения инструмента невозможен. Ввод в светильник выполняется в металлических трубах, металлорукавах или в защитных оболочках проводов и кабелей, либо для питания светильников применяют лампы накаливания на напряжение не свыше 42 В.

Это требование не распространяется на светильники в электропомещениях, а также на светильники, обслуживаемые с кранов или площадок, посещаемых только квалифицированным персоналом. При этом расстояние от светильников до настила тележки крана должно быть не менее 1,8 м или светильники должны быть подвешены не ниже нижнего пояса ферм перекрытия, а обслуживание этих светильников с кранов должно выполняться с соблюдением требований техники безопасности.

Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127—220 В допускается устанавливать на высоте менее 2,5 м от пола при условии недоступности их токоведущих частей для случайных прикосновений. В виде исключения групповые линии рабочего и аварийного освещения прокладывают проводами и кабелями с изоляцией на напряжение не ниже 660 В в одном коробе, используемом для установки светильников с люминесцентными лампами; при этом не допускается возможность их взаимного соприкосновения и крепление к общему тросу с расстоянием между ними в свету не менее 20 мм.

В двухпроводных линиях четырехпроводных систем с заземленной нейтралью выключатели устанавливают только в цепи фазного



провода. Установка предохранителей, автоматов, выключателей в нулевых рабочих проводах запрещается.

Заземление или зануление корпусов светильников общего освещения с лампами накаливания и с лампами ДРЛ, ДРИ, натриевыми и люминесцентными (с встроенными внутрь светильника пускорегулирующими аппаратами) делают в сетях с заземленной нейтралью при вводе в светильник кабеля, защищенного провода, незащищенных проводов в трубе или металлорукаве. Заземление можно выполнять также скрыто без труб как исключение, а также ответвлением от нулевого рабочего провода внутри светильника, а при вводе в светильник открытых незащищенных проводов — гибким изолированным проводом, присоединяемым к заземляющему винту корпуса светильника и к рабочему нулевому проводу у ближайшей к светильнику неподвижной опоры или коробки.

Заземление или зануление корпуса светильников общего освещения с лампами ДРЛ, ДРИ, натриевыми и люминесцентными (с вынесенными пускорегулирующими аппаратами) осуществляют с помощью перемычки между заземляющим винтом заземленного (зануленного) пускорегулирующего аппарата и заземляющим винтом светильника.

Металлические отражатели светильников, укрепленные на корпусах из изолирующих материалов, заземлять или занулять не требуется. Для облегчения монтажа осветительных установок заводы изготовляют электромонтажные изделия, позволяющие свести работы по монтажу выключателей, штепсельных розеток и светильников лишь к креплению готовых конструкций к строительным элементам зданий.

При строительстве зданий, особенно крупнопанельных, в них, как правило, предусматривают все отверстия, ниши и закладные части для установки осветительного оборудования и прокладки осветительных сетей. Так, выключатели и штепсельные розетки при скрытой проводке устанавливают в готовых нишах, коробах или стаканах, с креплением с помощью шурупов, винтов или имеющих на них распорных лапок. Надплинтусные штепсельные розетки и потолочные выключатели имеют металлические основания, их устанавливают непосредственно на стене. Выключатели и штепсельные розетки для открытой проводки, потолочные и настенные лампы патроны, а также потолочные и настенные светильники с лампами накаливания (за исключением имеющих специальные основания) устанавливают на деревянных розетках с помощью шурупов.

Подвесные светильники укрепляют к перекрытиям на крюках. В соответствии с требованиями правил к подвеске светильников с металлическими корпусами в жилых и общественных зданиях конец крюков изолируют. К стенам, колоннам и фермам подвесные светильники крепят с помощью различного вида кронштейнов, стоек, обхватов и подвесов (рис. 2-44).

При однорядном и двухрядном подвесе люминесцентных светильников на тросах, под перекрытиями и у стен для прокладки

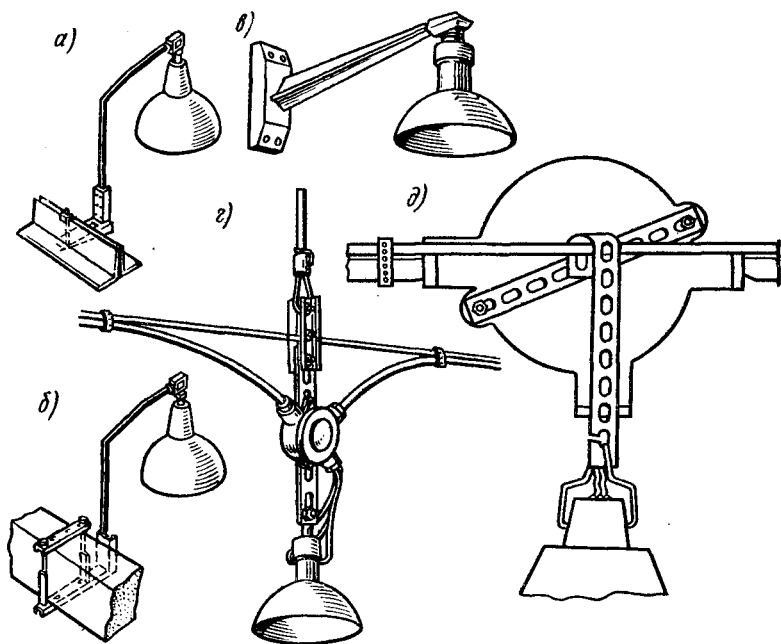


Рис. 2-44. Варианты крепления светильников:

*a* — на металлической ферме; *б* — на железобетонной ферме; *в* — на стене;  
*г* — подвеска на тросе; *д* — на тросовой проводке

проводов применяют стальные короба. Двухметровые секции коробов соединяют между собой в непрерывную линию и крепят к перекрытию, стене или к тросу с помощью кронштейнов, скоб и подвесов.

В последние годы для освещения производственных помещений стали применять комплектные осветительные устройства со щелевыми световодами (КОУ). Они состоят из щелевого световода (ЩС), камеры с источниками света, пускорегулирующего аппарата (ПРА), торцового переходного элемента. Щелевой световод (рис. 2-45) представляет собой цилиндрическую трубу, внутренняя поверхность которой по всей длине покрыта зеркально отражающим слоем, и оптическую щель, через которую световой поток выходит наружу. КОУ изготавливают для производственных помещений с тяжелыми условиями среды (пыль, влага). Во взрывоопасных зонах классов В-1б и В-1а камеры устанавливают непосредственно в освещаемом помещении; в производственных помещениях со взрывоопасными зонами классов В-1, В-1а и В-1б камеры выносят за пределы помещений и соединяют с помощью герметизированных переходных элементов со световодами. Таким образом, КОУ обеспечивают создание высококачественного и безопасного освещения, прежде всего во взрыво- и пожароопасных помещениях, а также целый ряд экономических и эксплуатационных преимуществ.

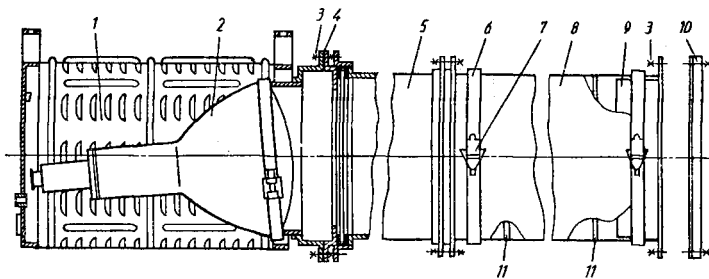


Рис. 2-45. Комплектное осветительное устройство:

1 — камера; 2 — кассета; 3 — болты; 4 — прокладка; 5 — переходный элемент; 6 — хомут; 7 — замок; 8 — щелевой световод; 9 — торцовое устройство; 10 — фланец; 11 — пружинное кольцо

Монтаж КОУ сводится к подвеске световода и установке камеры с источниками света и ПРА на стене или конструкциях. Во взрывоопасных помещениях камеры с источником света и ПРА устанавливают вне этих помещений и соединяют со ШС переходным элементом так, чтобы была исключена возможность попадания взрывоопасных смесей в камеру с источниками света, в ту ее часть, где возможно искрообразование. Так как КОУ в настоящее время находится в процессе внедрения, работы эти следует выполнять в строгом соответствии с действующими временными инструкциями.

Осветительные щиты и щитки, вводные шкафы и распределительные пункты представляют собой законченное комплексное устройство, монтаж которого сводится лишь к установке их на соответствующее место. Собранные в мастерских блоки щитков поступают на монтажную площадку в полностью законченном виде: окрашенные, с надписями и укомплектованные вспомогательными материалами.

Монтаж распределительных устройств, щитов или шкафов состоит из разметки, установки и выверки рамы, установки на раму блоков щита, состоящего из отдельных панелей или секций, соединения блоков между собой и закрепления их на раме, подключения проводов и кабелей и заземления.

Щиты, вводные устройства и щитки устанавливают по отвесу или уровню строго вертикально. Расстояние от трубопроводов должно быть не менее 0,5 м. При установке в нишах этажные и квартирные щитки закрепляют распорными болтами, предусмотренными конструкцией щитков, или на закладных деталях. При установке щитков выдерживают расстояние от оголенных, находящихся под напряжением частей, до заземленных металлических нетокопроводящих частей не менее чем 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху. Щитки и пункты снабжают надписями, указывающими номер щитка, назначение и номер каждой линии в соответствии со схемой и планом электрической сети. Щитки, на которых размещают приборы и провода, принадлежащие к установкам переменного и постоянного токов или разных напряжений,

должны иметь четкие надписи и расцветку, обеспечивающие возможность легкого распознавания их принадлежности к этим установкам.

## **§ 2-16. Техника безопасности при монтаже проводок**

Кроме общих правил для всех работ при монтаже проводок соблюдают следующие требования техники безопасности.

Борозды, отверстия и проемы в кирпичных и бетонных конструкциях пробивают в предохранительных очках. При этом необходимо принять меры против возможного поражения осколками проходящих мимо людей. При пробивке нельзя применять неисправные ручные и механизированные инструменты, работать с приставных лестниц, а также натягивать с приставных и раздвижных лестниц в горизонтальном направлении провода сечением более 4 мм<sup>2</sup>. Сквозные отверстия пробивают рабочим инструментом, длина которого превышает на 200 мм толщину стены или перекрытия.

Выполнять работы по монтажу освещения цеха с крана можно только тогда, когда краном не поднимают и не перемещают грузы. Монтаж с крана допустим лишь при наличии ограждений крановых троллеев и других открытых тоководящих деталей крана, находящихся под напряжением. К работе с монтажным пистолетом допускается только специально обученный персонал.

При работе в помещениях без повышенной опасности применяют электрифицированный инструмент на напряжение 220/127 В при условии надежного заземления корпуса электроинструмента и применения резиновых перчаток и диэлектрических галош. В помещениях особо опасных и с повышенной опасностью, а также вне помещений работать с электроинструментом напряжением свыше 36 В нельзя, если он не имеет двойной изоляции или не включен в сеть через разделяющий трансформатор, или не имеет защитного отключения.

### *Контрольные вопросы*

1. Какие имеются виды электропроводок и какие требования предъявляют к ним?
2. Расскажите о стендовой заготовке электропроводок на технологических линиях.
3. Изложите технологию прокладки проводов в трубах.
4. Изложите технологию прокладки проводов в лотках.
5. Какие применяются способы соединения и оконцевания проводов?

## **Глава 3. МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ**

### **§ 3-1. Область применения кабельных линий и общие требования к ним**

Области применения силовых кабелей в зависимости от степени воздействия на них агрессивной и взрыво- или пожароопасной окружающей среды, растягивающих механических усилий, а также способа прокладки кабельной сети определены «Едиными техническими указаниями по выбору и применению электрических кабелей». В них предусмотрено широкое использование кабелей в алюминиевой или пластмассовой оболочке взамен кабелей в свинцовой оболочке. При этом имеется в виду, что выбор кабелей определяется требованиями ПУЭ и что кабели всех марок могут применяться для питания потребителей всех категорий по степени надежности электроснабжения потребителей.

При невозможности использования кабелей с алюминиевой защитной оболочкой в особых случаях (подводные линии, в шахтах и т. п.) применяют кабели в свинцовой оболочке.

Трассу кабельной линии выбирают с учетом наименьшего расхода кабеля и обеспечения его сохранности от механических повреждений, коррозии, вибрации, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении короткого замыкания на одном из кабелей. При этом следует избегать перекрещиваний их, например, между собой и с трубопроводами и выполнять таким образом, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений. Для этого кабели укладывают с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций как самих кабелей, так и конструкций, по которым они проложены. Укладывать запас кабеля в виде колец (витков) не допускается.

Кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и другим местам, жестко закрепляют в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов как у соединительных, так и стопорных муфт, а проложенные вертикально по конструкциям и стенам закрепляют с таким расчетом, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственной массы кабеля.

По конструкциям небронированные кабели кладут таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей предохраняют от механических и коррозионных повреждений с помощью эластичных прокладок.

На трассе кабельной линии, проложенной в незастроенной местности, устанавливают опознавательные знаки. При этом линии, проложенные по пахотным землям, обозначают знаками, устанавливаемыми не реже чем через 500 м, а также в местах изменения направления трассы. При большем количестве кабелей их следует прокладывать в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях.

Прокладку кабелей в туннелях, по эстакадам и в галереях выполняют при количестве силовых кабелей, идущих в одном направлении, более 20. В условиях большой стесненности, в местах пересечения с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла кабели прокладывают в блоках.

Внутри зданий кабельные линии прокладывают непосредственно по конструкциям зданий (как открыто, так и в лотках, коробах или трубах), в каналах, блоках, туннелях, трубах, проложенных в полах и перекрытиях, а также по фундаментам машин, в шахтах, кабельных этажах и двойных полах.

На кабельных линиях, выполняемых кабелями с нормально пропитанной бумажной изоляцией и кабелями, пропитанными

нестекающей массой, кабели соединяют с помощью стопорно-переходных муфт, если уровень прокладки кабелей с нормально пропитанной изоляцией выше уровня прокладки кабелей, пропитанных нестекающей массой.

На линиях напряжением свыше 1000 В, выполняемых гибкими кабелями с резиновой изоляцией в резиновом шланге, соединения оболочек выполняют горячим вулканизированием с покрытием противосыроостным лаком.

Число соединительных муфт на 1 км вновь строящихся кабельных линий должно быть, не более: для трехжильных кабелей 1—10 кВ сечением до  $3 \times 95 \text{ мм}^2$  — 4 шт.; для трехжильных кабелей 1—10 кВ сечением  $3 \times 120$  —  $3 \times 240 \text{ мм}^2$  — 5 шт.

Кабельные линии с металлическими оболочками или броней, а также кабельные конструкции, на которых прокладываются кабельные линии, заземляют или зануляют в соответствии с требованиями, приведенными в ПУЭ. При заземлении или занулении металлических оболочек силовых кабелей оболочку или броню соединяют гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых, соединительных и др.).

Применять заземляющие или нулевые защитные проводники с проводимостью, большей, чем проводимость оболочек кабелей, не требуется, однако сечение во всех случаях должно быть не менее  $6 \text{ мм}^2$ . Если на опоре конструкции установлены наружная концевая муфта и комплект разрядников, то броню, металлическую оболочку и муфту присоединяют к заземляющему устройству разрядников. Использование в качестве заземляющего устройства только металлических оболочек кабелей в этом случае не допускается.

### **§ 3-2. Элементы конструкции силового кабеля и их назначение**

Силовые кабели предназначены для передачи по ним электрической энергии, используемой для питания электроустановок. Они имеют одну или несколько изолированных жил в металлической или неметаллической оболочке, поверх которой в зависимости от условий прокладки или эксплуатации может накладываться защитный покров и в необходимых случаях броня. Они состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покровов. Кроме основных элементов в конструкцию силовых кабелей могут входить экраны, жилы защитного заземления и заполнители (рис. 3-1).

Токопроводящие жилы бывают основными и нулевыми. *Основные жилы* предназначены для передачи по ним электрической энергии. *Нулевые жилы* предназначены для прохождения разности токов фаз (полусов) при неравномерной их нагрузке. Они присоединяются к нейтрали источника тока.

Жилы защитного заземления являются вспомогательными жилами кабеля и предназначены для соединения не находящихся под

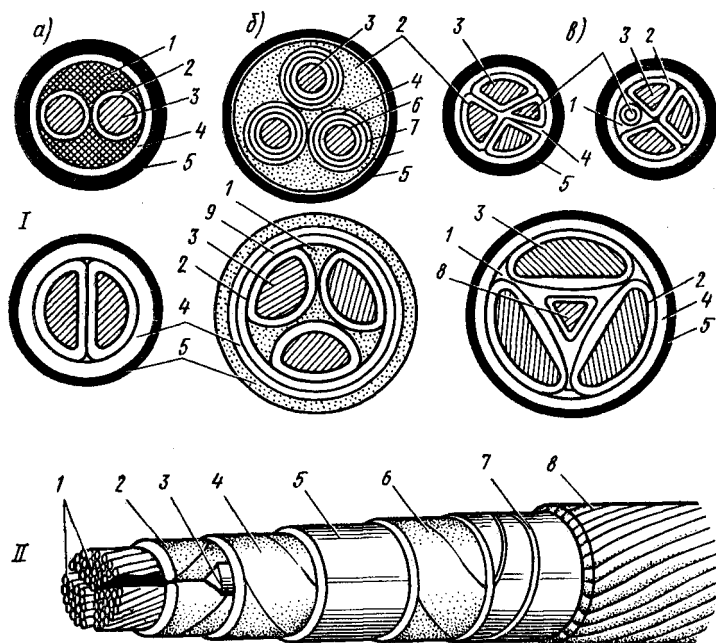


Рис. 3-1. Конструкция силового кабеля:

*I* — сечение силовых кабелей: *a* — двухжильные кабели с круглыми и сегментными жилами; *б* — трехжильные кабели с поясной изоляцией и отдельными оболочками; *в* — четырехжильные кабели с нулевой жилой, круглой, секторной и треугольной формы; 1 — наполнитель; 2 — изоляция жилы; 3 — токопроводящая жила; 4 — оболочка; 5 — наружный защитный покров; 6 — экран на токопроводящей жиле; 7 — бронепокров; 8 — нулевая жила; 9 — поясная изоляция; *II* — силовой трехжильный кабель марки ААБ: 1 — токопроводящие жилы; 2, 4 — фазовая и поясная изоляция; 3 — наполнители; 5 — оболочка; 6 — защитный покров оболочки (подушка); 7 — броня из стальных лент; 8 — наружный защитный покров

рабочим напряжением металлических частей электроустановки, к которой подключен кабель с контуром защитного заземления источника тока.

Изоляция предназначена для обеспечения необходимой электрической прочности токопроводящих жил кабеля относительно друг друга и заземленной оболочки (земли). Экраны служат для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей, создаваемых токами, проходящими по кабелю, и для обеспечения симметрии электрического поля вокруг жил кабеля. Заполнители используют для устранения свободных промежутков между конструктивными элементами кабеля с целью герметизации, придания необходимой формы и механической устойчивости его конструкции. Оболочки защищают внутренние элементы кабеля от увлажнения и других внешних воздействий. Защитные покровы служат для защиты оболочки кабеля от внешних воздействий. В зависимости от конструкции кабеля в защитные покровы входят: подушка, бронепокров и наружный покров.

Различным конструкциям кабелей присвоены условные буквенные обозначения — марки. Например, АВВГ — кабель с алюминиевой токопроводящей жилой в поливинилхлоридной оболочке, с такой же изоляцией жил без наружного покрова оболочки; АПВБГ — кабель с алюминиевой токопроводящей жилой, в полиэтиленовой оболочке, с поливинилхлоридной изоляцией жил, с бронированным покровом из плоских лент, без наружного покрова у брони и т. д.

В зависимости от конструкции, сечения, напряжения кабеля нормальная строительная длина его может быть от 100 до 300 м, а длина маломерных отрезков от 20 до 100 м. Кабели транспортируются на барабанах.

### **§ 3-3. Хранение и подготовка кабелей для прокладки. Хранение кабелей**

Барабаны с кабелем хранят под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе. Кабели с пластмассовой изоляцией без наружного покрова оберегают от непосредственного воздействия солнечных лучей. Не следует хранить барабаны с кабелем плашмя и в атмосфере с агрессивной средой.

На барабане обозначают марку кабеля, число жил, сечение в квадратных миллиметрах, напряжение в киловольтах, длину в метрах, массу в тоннах, заводской номер барабана, дату изготовления, номер стандарта и завод-изготовитель. Кроме того, на барабане имеется стрелка, указывающая направление, по которому следует перекачивать барабан с кабелем. Конец наружного витка кабеля прикреплен к барабану с внутренней стороны; конец внутреннего витка выведен на наружную часть барабана и заделан деревянным ящиком или металлической коробкой. Оба конца кабеля имеют герметические заделки.

Барабаны с кабелем грузят на транспортные средства и их сгружают с помощью кранов или автопогрузчиков, а при отсутствии кранов — лебедкой по надежным деревянным покатам (брусьям). Барабан с кабелем вручную или тросом с помощью лебедки в зоне монтажа перемещают только на короткие расстояния, по ровным поверхностям, при условии полной исправности обшивки барабана и если наружный виток кабеля отстоит от края щеки не менее чем на 100 мм.

Кабели с пластмассовой изоляцией как оголенные, так и бронированные при температуре ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  не перевозят; при температуре от  $-10$  до  $-40^{\circ}\text{C}$  разгружают и перевозят осторожно, избегая ударов. При низких отрицательных температурах изоляция и оболочки этих кабелей становятся хрупкими и легко повреждаются.

Кабельные линии прокладывают непосредственно в земляных траншеях, по строительным конструкциям в производственных и других помещениях, в кабельных коллекторах, туннелях, кана-



лах, шахтах, кабельных этажах и помещениях, колодцах и блоках (под кабельным блоком понимается сооружение с каналами для протяжки в них кабелей и относящимися к нему колодцами).

Трассу кабельной линии выбирают так, чтобы расход кабеля был наименьшим. При этом учитывают возможности по защите его от механических повреждений, коррозии (при выборе трассы следует избегать участков с агрессивными грунтами относительно металлических оболочек кабелей), вибрации, от повреждений электрической дугой соседних кабелей в случае короткого замыкания, от перегрева при непосредственном воздействии солнечных лучей и различных тепловых источников. Необходимо избегать перекрещиваний кабелей друг с другом, а также с различными трубопроводами, строго выдерживая допустимые расстояния до сооружений.

Для того чтобы не возникали опасные механические напряжения в кабелях при монтаже и эксплуатации, их прокладывают «змейкой», как правило, с запасом по длине 1 %. Такой запас достаточен для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций как самих кабелей, так и конструкций, по которым они проложены (например, ферм металлических эстакад). При прокладке по вертикальным и наклонным участкам трассы кабелей с бумажной нормально пропитанной изоляцией ограничивают разность уровня между высшей и низшей их точками для того, чтобы предотвратить стекание пропитывающего состава. Кабели в свинцовой оболочке прокладывают с максимальной разностью уровней 25 м при напряжении 1—3 кВ и 15 м при напряжении 6—10 кВ, а кабели в алюминиевой оболочке с разностью уровней 25 м при напряжении 1—3 кВ, с разностью 20 м при напряжении 6 кВ и с разностью 15 м при напряжении 10 кВ.

Если указанную разность уровней выдержать нельзя, кабельные линии секционируют, устанавливая стопорные или эпоксидные соединительные муфты. Кабель с обедненной бумажной изоляцией прокладывают с разностью уровней до 100 м (при наличии общей оболочки для всех жил) и 300 м, если каждая жила заключена в отдельную оболочку.

Для кабелей с бумажной нестекающей пропиткой, с резиновой или с пластмассовой изоляцией разность уровней не ограничивают.

Трассу каждой подземной или подводной кабельной линии наносят на план с указанием ее координат относительно существующих фундаментальных ориентиров или специально установленных знаков, указывающих местонахождение кабельных муфт.

При проходе через наружные и внутренние стены, перегородки, междуэтажные перекрытия, площадки лестничных клеток кабели прокладывают в металлических, асбоцементных и других трубах, внутренний диаметр которых должен быть не менее полутора наружного диаметра кабеля, или через проемы, устроенные в стенах или перекрытиях. При проходах кабелей через сгораемые стены или перекрытия труба должна выступать на 100 мм (без заделки кабеля в трубе) по обе стороны стены. Кабель можно также заделывать бетоном низких марок и шлаковатой в центре трубы, диаметр

которой не менее 100 мм. При этом длина выступающих частей по обе стороны стены не лимитируется. Проход через проем в сгораемых стенах и перекрытиях делают размером не менее 150 × 150 мм с таким расчетом, чтобы расстояние между кабелями и сгораемым материалом было не менее 50 мм. Крепление для подвески кабеля при этом предварительно обматывают смоляной лентой.

**Прокладка кабеля в траншеях.** До начала земляных работ по рытью траншеи монтажная организация вместе с представителями эксплуатирующей и строительной организаций обследуют запроектированную для прокладки кабельной линии трассу. При необходимости в проект и смету прокладки кабельной линии проектная организация по согласованию с представителями заказчика вносит необходимые изменения.

Осевую линию траншеи и исходные точки для разбивки наносят на трассе согласно привязкам и ориентирам, указанным в плане. Ширина траншеи определяется количеством и типом прокладываемых кабельных линий, допустимыми расстояниями между ними, а также техническими данными применяемого землеройного механизма. При рытье траншеи в слабых неустойчивых грунтах для предупреждения смещения грунтов, образования каверн и присадок ставят крепления. В земле прокладывают бронированные и специальные кабели с пластмассовой оболочкой, например кабель марки ААШв. Траншеи роют по возможности прямолинейными. На всех поворотах, пересечениях и других местах трассы размеры траншеи по глубине и ширине делают такими, чтобы можно было проложить кабель с допустимым радиусом закругления и выдержать необходимые расстояния между прокладываемым кабелем и другими сооружениями в местах сближения и пересечения. Дно траншеи выравнивают, удаляют воду (если она имеется), очищают от мусора и подсыпают землю (слоем не менее 100 мм), не содержащую камней, строительного мусора и шлака.

В готовой траншее кабель прокладывают, раскатывая его с барабана, установленного на кабельном транспортере, автомобиле или трубоукладчике (рис. 3-2), которые перемещаются вдоль траншеи. При этом принимают сматываемый кабель и укладывают его на дно. На трассах с большим количеством пересечений с инженерными сооружениями кабель раскатывают лебедкой по роликам, а барабаны с кабелем устанавливают на раскаточные домкраты в конце трассы. На другом конце трассы устанавливают лебедку, а вдоль трассы — раскаточные ролики.

Сразу после прокладки кабели засыпают слоем мелкой земли (100 мм), утрамбовывают, потом укладывают красный кирпич или железобетонные плитки толщиной 50 мм и траншею засыпают. Кабели, расположенные на глубине 1—1,2 м, можно не защищать от механических повреждений, а для кабелей напряжением до 1000 В защиту устраивают только в местах вероятных механических повреждений. При параллельной прокладке в одной траншее нескольких кабелей расстояние между ними (в свету) должно быть не менее 100 мм. Там, где не представляется возможным устраи-

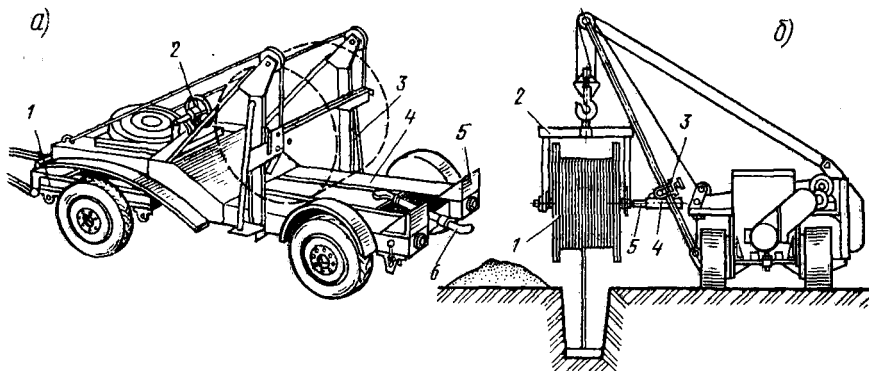


Рис. 3-2. Механизмы для укладки кабеля в траншеи:

*a* — кабельный транспортер: 1 — передняя тележка; 2 — ручной тормоз; 3 — стойка; 4 — платформа; 5 — откидной трап; 6 — консоль; *б* — трубоукладчик: 1 — барабан с кабелем; 2 — такелажная траверса; 3 — зажим; 4 — втулка-удлинитель; 5 — ось траверсы

вать переходы через дороги и другие инженерные сооружения в открытых траншеях, переходы выполняют с помощью горизонтального прокола или бурения грунта винтовыми или гидравлическими домкратами различных конструкций, устанавливаемыми в котлованах в начальной точке прокола или бурения грунта (рис. 3-3).

Для ввода кабеля, выходящего из траншеи в здание, в стене заранее закладывают отрезки стальных или чугунных труб, размещенных на расстоянии друг от друга (в свету) при горизонтальном расположении не менее 100 мм и при вертикальном не менее

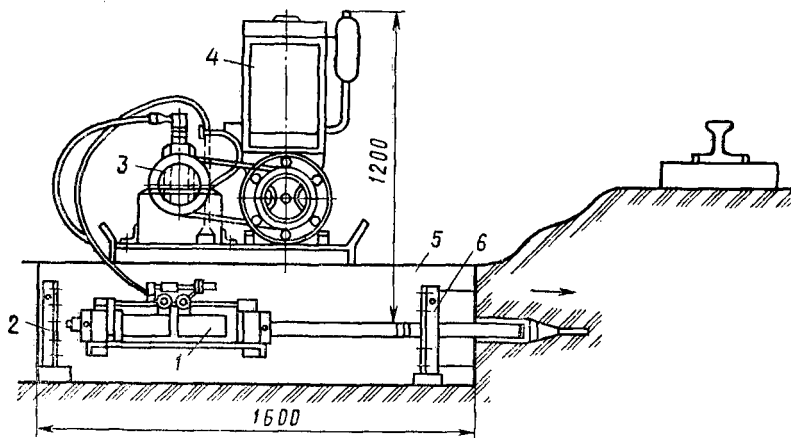


Рис. 3-3. Установка для прокола грунта:

1 — рабочий цилиндр гидравлического пресса; 2 — упор; 3 — гидравлический пресс; 4 — бензиновый двигатель; 5 — рабочий котлован; 6 — направляющее устройство

250 мм. Трубы берут с внутренним диаметром, равным 1,5—2 наружным диаметрам кабеля. При таком диаметре труб кабель легко протягивается, и в случае необходимости его легко сменить. Кабель вводят в здание с запасом по длине 1,5—2 м на случай, если потребуется замена концевых муфт. Чтобы в здание по трубам не проникла вода, в местах ввода кабеля выкапывают небольшой котлован — «прямо́к» и с наружной стороны накладывают гидроизоляцию.

**Бестраншейная прокладка кабеля в земле.** Бестраншейную прокладку силового бронированного кабеля в свинцовой или алюминиевой оболочке до 10 кВ производят со специальных самоходных или передвигаемых тяговыми механизмами кабелеукладчиков. Она применяется на участках кабельных трасс, удаленных от подземных инженерных сооружений.

Работа кабелеукладчика основана на принципе расклинивания грунта и образования в нем щели шириной 100 мм и глубиной до 1,2 м от уровня поверхности земли. В образовавшуюся щель по мере продвижения кабелеукладчика через прикрепленную к ножу кассету укладывают кабель, сматываемый с барабана, установленного на кабелеукладчике или на кабельном транспортере. При этом устройство «постели», присыпка кабеля землей и механическая защита кабеля не требуются. Засыпка кабеля производится грунтом, разрываемым ножом кабелеукладчика при его передвижении (рис. 3-4).

При прокладке кабеля мерной планкой заглубление его в грунт контролируют через каждые 20—50 м. Если глубина заложения кабеля недостаточна, то прокладку приостанавливают и продолжают только после устранения причин, вызвавших отклонение от нормы. Отклонение глубины заложения кабеля от проектной допускается в пределах 50 мм.

При прокладке учитывают строительную длину кабелей на барабанах, чтобы соединительные муфты находились в местах, удобных для монтажа и эксплуатации, и не оказались в заболоченных местах, оврагах и т. п. Перед окончанием размотки кабеля с одного барабана конец его внахлест скрепляется с концом кабеля другого барабана.

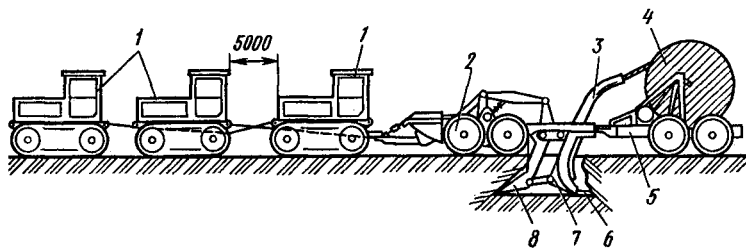


Рис. 3-4. Бестраншейная прокладка кабеля:

1 — трактор; 2 — кабелеукладчик; 3 — входной лоток кассеты; 4 — барабан с кабелем; 5 — кабельный транспортер; 6 — кабель; 7 — кассета для кабеля; 8 — нож

В городах или поселках на участках, имеющих подземные коммуникации и пересечения с инженерными сооружениями, бестраншейная прокладка кабелей не может быть осуществлена.

**Прокладка кабелей внутри зданий.** Внутри помещений прокладывают только бронированные кабели без наружного горючего покрова и небронированные кабели с негорючей оболочкой. В помещениях с агрессивной средой применяют кабели в оболочках, стойких к воздействию этой среды. Кабели внутри зданий, в том числе и в производственных помещениях, прокладывают непосредственно по стенам, потолкам, балкам, фермам и другим строительным конструкциям или по предварительно установленным на опорных поверхностях кабельным конструкциям или лоткам. Во всех случаях кабели должны быть доступны для осмотра и ремонта при эксплуатации.

В сетях напряжением до 1000 В применяют прокладку кабеля на тросах как внутри помещений, так и снаружи. В помещениях тросы крепят к колоннам вдоль или поперек здания, а также между стенами. Вне помещений трос обычно натягивают между стенами зданий. В качестве несущего троса применяют стальные канаты, горячекатаную круглую сталь. Расстояние между анкерными креплениями несущего троса принимают не более 100 м, а между промежуточными креплениями от 12 до 30 м в зависимости от количества и сечения жил подвешиваемых кабелей. Расстояние между креплениями кабеля к несущему тросу устанавливают 0,8—1 м.

Раскатку, подъем и укладку кабелей в подвешенные к тросу кабельные конструкции выполняют с применением механизмов и приспособлений.

**Прокладка кабеля в туннелях.** Для прокладки кабеля используют туннели круглого сечения с внутренним диаметром 2,6 м и туннели прямоугольного сечения иногда сдвоенного типа (рис. 3-5). Для прокладки в туннелях применяют кабели с негорючими оболочками и защитными покровами.

Контрольные кабели размещают только над или только под силовыми кабелями и отделяют их горизонтальной перегородкой. Допускается прокладывать контрольные кабели рядом с силовыми кабелями с напряжением до 1000 В.

Силовые кабели напряжением до 1000 В прокладывают над кабелями напряжением свыше 1000 В и отделяют их горизонтальной несгораемой перегородкой. Различные группы кабелей, а именно: рабочие и резервные напряжением свыше 1000 В, прокладывают на разных горизонтальных уровнях с отделением их перегородками.

Если кабель подлежит частичной прокладке в туннеле и частичной — в земле, то в таких случаях применяют кабель с наружным покровом. Сгораемый покров удаляется только на участке трассы внутри туннеля до места выхода из него, заподлицо с заделкой трубы или проема. Применение в кабельных туннелях неброниро-

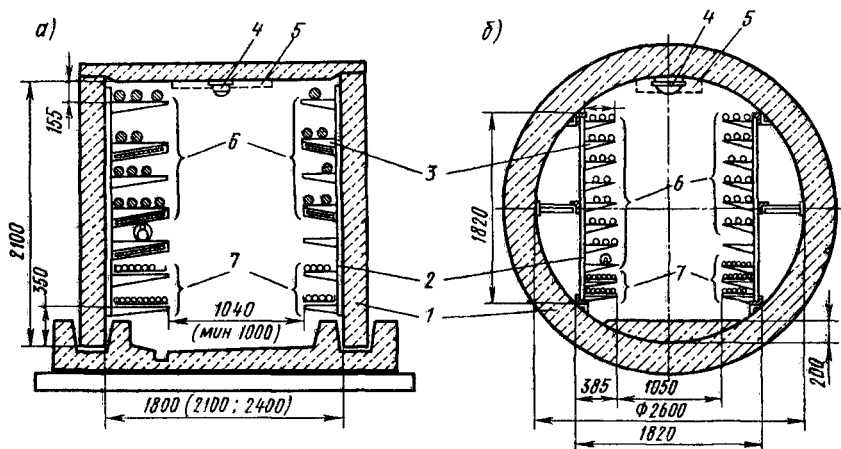


Рис. 3-5. Раскладка кабеля:

*a* — туннель прямоугольного сечения; *б* — туннель круглого сечения; 1 — блок туннеля; 2 — стойка; 3 — полка; 4 — светильник; 5 — зона пожароизвещателей и трубопроводов механизированной уборки пыли и пожаротушения; 6 — силовые кабели; 7 — контрольные кабели

ванных кабелей с полиэтиленовой оболочкой по условиям пожарной безопасности запрещается.

Количество кабелей, укладываемых на полках и лотках, определяется их типом и размером, а также диаметром и массой укладываемых кабелей. Прокладку кабелей в туннелях выполняют механизированным способом с применением тех или иных механизмов и приспособлений (рис. 3-6). В ряде случаев в качестве тянущего устройства применяют специальный электропривод.

Для раскатки кабеля на прямых участках трассы устанавливают линейные ролики на расстоянии от 3 до 7 м друг от друга в зависимости от массы кабеля и условий прокладки, а на поворотах трассы — угловые ролики. Линейные и угловые ролики закрепляют так, чтобы при протяжке кабеля они не смещались. Ролики должны быть такой конструкции, которая позволяет легко снять раскатанный кабель и переложить его на отведенное место

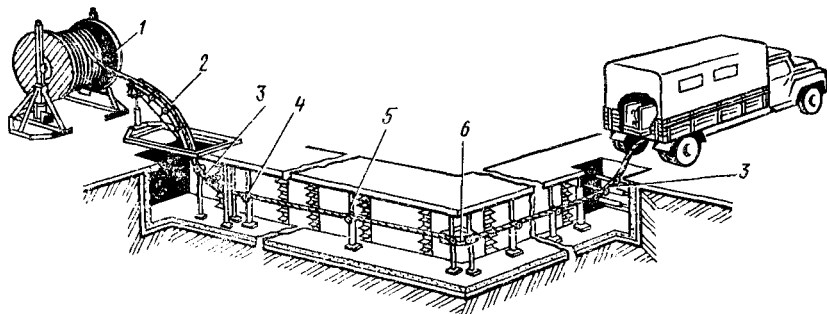


Рис. 3-6. Прокладка кабеля в туннеле тяжением:

1 — барабан; 2 — верхнее обводное устройство; 3 — нижнее обводное устройство; 4 — линейный ролик; 5 — распорная стойка; 6 — угловой ролик

в траншее без демонтажа самого ролика. Радиус кривой угловых роликов должен быть не меньше радиуса изгиба, допустимого для прокладываемого кабеля.

Канат лебедки разматывают по роликам вдоль траншей и закрепляют к нему конец раскатываемого кабеля. Канат крепят к кабелям напряжением до 35 кВ за жилы или проволочным чулком. При креплении к жилам торец оболочки кабеля подбивают вокруг жилы и обматывают их смоляной лентой для предотвращения попадания влаги.

Усилия тяжения кабеля напряжением 10 кВ и выше рекомендуется контролировать с помощью динамометра или другого контрольного устройства, устанавливаемого на лебедке. Когда усилие тяжения достигает установленного предельного значения, контрольное устройство должно автоматически отцепить кабель от лебедки.

Необходимые усилия тяжения кабеля, допустимые усилия тяжения, а также диаметр стального каната приводятся в специальной нормативной литературе. В общем случае при тяжении кабеля на прямых участках по роликам, когда не исключено скольжение кабеля по земле между роликами, усилие  $P=0,35 q$ , где  $q$  — масса прокладываемого кабеля.

**Прокладка кабелей в блоках.** Для сооружения блоков применяют двух- и трехканальные железобетонные панели, предназначенные для прокладки в сухих, влажных и насыщенных водой грунтах; асбоцементные трубы для защиты кабелей от блуждающих токов; керамические трубы для защиты кабелей в агрессивных и насыщенных водой грунтах (при необходимости и в сухих грунтах).

В местах изменения направления трассы или глубины заложения блоков, а также на прямолинейных участках большой длины делают кабельные колодцы. Расстояния между соседними колодцами принимают максимальными с учетом строительных длин кабелей, усилий тяжения и условий прокладки. Габариты кабельных колодцев обеспечивают нормальные условия протяжки кабелей с максимальным сечением  $3 \times 240 \text{ мм}^2$  с радиусом изгиба кабеля  $R=25 d$ .

Для прокладки в блочной канализации применяют кабели с незащищенной свинцовой оболочкой марки СГ и АСГ, а также кабели с незащищенной пластмассовой оболочкой марок ВВГ, АПВГ, АВВГ, АПсВГ и АПвВГ. На участках блоков длиной до 50 м допускается прокладка бронированных кабелей в свинцовой или алюминиевой оболочке без наружного покрова из кабельной пряжи с покраской брони для защиты от коррозии битумным лаком.

На рис. 3-7 показаны схема расстановки механизмов и приспособлений для механизированной прокладки и ее выполнение.

**Прокладка кабелей в каналах.** Каналы выполняются как внутри, так и вне зданий. В зависимости от количества прокладываемых кабелей, их назначения, напряжения и мощности кабелей

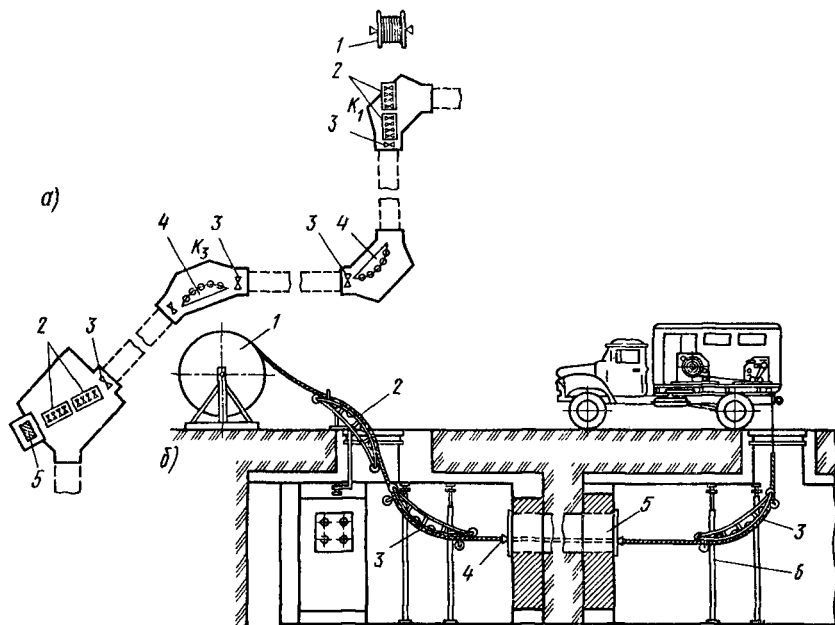


Рис. 3-7. Механизированная прокладка кабеля в блоках:

*а* — схема расстановки механизмов и приспособлений для прокладки кабелей в блоках: 1 — барабан с кабелем; 2 — угловые ролики во входном и выходном колодцах; 3 — линейные ролики; 4 — угловые ролики в промежуточных колодцах; 5 — тяговая лебедка;  $K_1$  —  $K_2$  — колодцы блочной канализации; *б* — схема выполнения прокладки: 1 — барабан с кабелем; 2 — верхние направляющие ролики; 3 — нижние направляющие ролики; 4 — воронка; 5 — блок; 6 — распорная стойка

применяют различные типы каналов и способы укладки в них кабелей (рис. 3-8). Кабели в каналах укладывают как непосредственно по дну канала, так и на кабельных конструкциях, установленных по стенкам каналов. При этом по дну канала кабели укладывают только в каналах глубиной не более 0,9 м. Укладку осуществляют с применением раскаточных роликов и тянущих электроприводов. Вне зданий каналы поверх съемных плит засыпают слоем земли. На территории, доступной только для обслуживающего персонала, засыпка не обязательна. Каналы в распределительных устройствах и производственных помещениях перекрывают съемными несгораемыми плитами, в электромашиных помещениях — рифлеными железными плитами, в помещениях щитов управления с паркетными полами, в каналах которых проложены только контрольные кабели, — деревянными щитами с паркетом

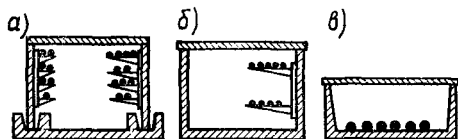


Рис. 3-8. Сборные железобетонные каналы и расположение в них кабелей: *а* — из железобетонных плит с расположением кабелей на полках; *б* — лоткового типа с расположением кабелей на полках; *в* — лоткового типа с расположением кабелей на дне канала



или деревянными плитами. Не следует засыпать песком каналы, в которых проложены силовые кабели.

Для повышения производительности труда и улучшения качества работ кабельные линии небольшой протяженности выполняют по предварительным замерам трассы их прокладки с учетом монтажа концевых заделок или муфт, а также соединительных муфт в мастерских.

### § 3-4. Монтаж кабельных концевых заделок и концевых соединительных и ответвительных муфт

При монтаже кабельных линий наиболее сложной и ответственной работой является соединение и ответвление кабелей и разделка их концов для присоединения к аппаратам, электродвигателям и другим электротехническим устройствам. Эта работа выполняется в строгом соответствии с требованиями технической документации и монтажными инструкциями организаций, монтирующих и эксплуатирующих кабельные линии.

Под кабельной концевой заделкой понимают устройство, предназначенное для присоединения кабеля к электроаппаратам внутренней установки. Они не имеют специального защитного корпуса (рис. 3-9).

Кабельная концевая муфта — это устройство, предназначенное для присоединения кабелей к электроаппаратам наружной или внутренней установки или воздушным линиям электропередачи (рис. 3-10).

Надежность муфт и заделок зависит от тщательного выполнения их монтажа и соблюдения технологии, указанной монтажными инструкциями. Попадание влаги или грязи в муфту или заделку резко ухудшает электрическую прочность и приводит к выходу из строя кабеля при его испытаниях после монтажа или во время эксплуатации. Поэтому работы по монтажу муфт и заделок выполняются чистыми руками и инструментом, без перерыва в работе до полного их окончания. Корпус муфты перед началом работы также тщательно очищают с обе-

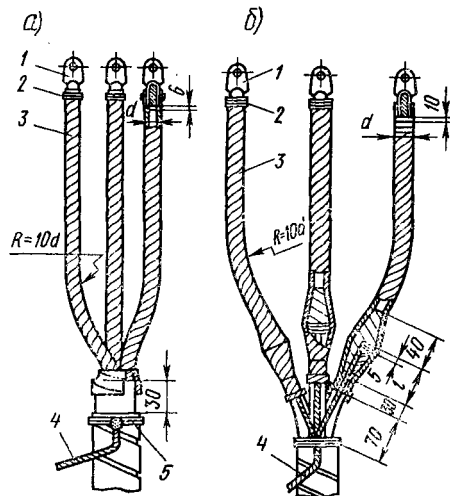


Рис. 3-9. Концевые эпоксидные заделки кабелей:

*a* — типа КВЭз: 1 — наконечник; 2 — подмотка из хлопчатобумажной ленты с промазкой эпоксидным компаундом; 3 — подмотка липкой лентой ПХВ; 4 — провод заземления; 5 — подмотка с экраном; *b* — типа ПКВ на напряжение 1—10 кВ: 1 — наконечник; 2 — бандаж из суровых ниток; 3 — подмотка липкой лентой; 4 — провод заземления; 5 — подмотка с экраном

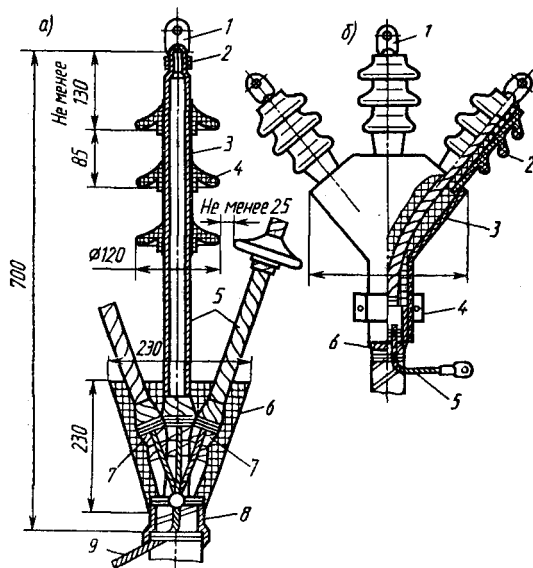


Рис. 3-10. Концевые кабельные муфты:

*a* — наружной установки марки ПКНЭ для кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжении 10 кВ: 1 — наконечник; 2 — бандаж; 3 — уплотняющая подмотка; 4 — изолятор; 5 — подмотка; 6 — корпус муфты; 7 — конусная подмотка; 8 — герметизирующая подмотка; 9 — провод заземления; *б* — наружной установки марки КНЭ на напряжение 6—10 кВ: 1 — кабельный наконечник; 2 — проходной изолятор; 3 — корпус муфты; 4 — скоба для крепления; 5 — провод заземления; 6 — подмотка из хлопчатобумажных лент с промазкой эпоксидными компаундами

их сторон и протирают тряпками, смоченными в бензине.

Монтажу концевых заделок, соединительных и концевых муфт предшествует разделка концов кабеля. С концов кабеля, которые подлежат оконцеванию или соединению, последовательно удаляют защитный покров, броню, оболочку, бумажную поясную изоляцию и изоляцию жил. В результате образуется ступенчатая разделка кабеля (см. рис. 3-1), размеры отдельных ступеней которой определяются в зависимости от напряжения кабеля, типа и размера концевой заделки и муфты.

При монтаже муфт и заделок у кабелей с бумажной изоляцией предварительно проверяют бумажную изоляцию на отсутствие в ней влаги. Для этого с конца кабеля обрывают отдельные бумажные ленты и опускают в парафин, разогретый до 140—150° С. Если бумажная изоляция увлажнена, наблюдается легкое потрескивание и выделение пены.

В настоящее время для заделки кабелей широко применяют эпоксидные концевые муфты с трубками из найритовой резины, резиновые перчатки, а также эпоксидные концевые муфты специальной конструкции, предназначенные для наружной установки. Например, эпоксидную концевую заделку с трубками из найритовой резины применяют для кабелей с бумажной изоляцией на

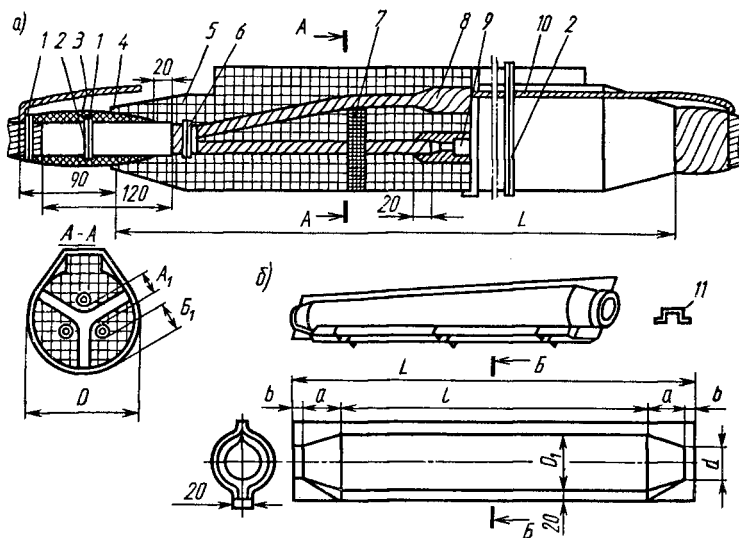


Рис. 3-11. Эпоксидная соединительная муфта на напряжение 6 и 10 кВ:

*a* — муфта; *b* — съемная металлическая (пластмассовая) форма; 1 — место припайки проводника заземления; 2 — бандаж из проволоки; 3 — герметизирующая подмотка; 4 — уплотняющая подмотка; 5 — муфта; 6 — бандаж из суровых ниток; 7 — фиксирующая звездочка; 8 — подмотка соединения жил; 9 — соединение жил; 10 — проводник заземления; 11 — скоба

напряжение до 10 кВ в сухих, влажных, с проводящей пылью, с химически активной средой (кроме взрывоопасных) помещениях во всех районах СССР, кроме субтропиков.

Эпоксидные соединительные муфты для кабелей с бумажной изоляцией (рис. 3-11) выполняют в эпоксидных корпусах, изготовляемых из эпоксидного компаунда марок К-176, К-115, УП-584у, поставляемых с завода на монтаж в комплекте с компаундом, отвердителем для заливки муфты и вспомогательными материалами. Монтаж эпоксидных соединительных муфт начинают со ступенчатой разделки. Затем к оболочке и броне кабеля припаявают заземляющий проводник, соединяют концы жил (термитной сваркой, опрессовкой, электросваркой или пайкой); при этом места сварки или пайки освобождают от заусенцев, кромок и обезжиривают. После этого ставят эпоксидные распорки для фиксации жил кабеля в муфте, провод заземления припаявают к другому концу кабеля, обезжиривают броню и оболочку кабеля, делают герметизирующую подмотку, устанавливают на место эпоксидные полумуфты, уплотняют вводы кабелей в муфты и муфту заливают компаундом малой струей, предварительно смешанным с отвердителем.

Эпоксидные муфты монтируют при температуре окружающего воздуха не ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ . В туннелях и каналах устанавливают эпоксидные соединительные муфты, на которые надевают защитный кожух. Эпоксидная соединительная муфта может быть сто-

порной. В этом случае жилы соединяют только пайкой или сваркой, так как соединение жил опрессовкой не устраняет перетекания пропиточного состава изоляции кабеля между проволоками жил.

Свинцовые соединительные муфты (рис. 3-12) изготавливают из свинцовых труб диаметром от 60 до 110 мм и длиной от 450 до 650 мм в зависимости от сечения и напряжения кабелей. Разделку концов производят так же, как и при монтаже эпоксидных соединительных муфт. Затем на кабель надевают свинцовую муфту и соединяют жилы кабелей термитной сваркой или другим способом; место пайки или сварки очищают и промывают (прошпаривают) кабельной массой МП-1, нагретой до 120—130° С (для удаления загрязнений и влаги). После этого подмоткой восстанавливают заводскую изоляцию жил кабеля кабельной бумагой, пропитанной маслом.

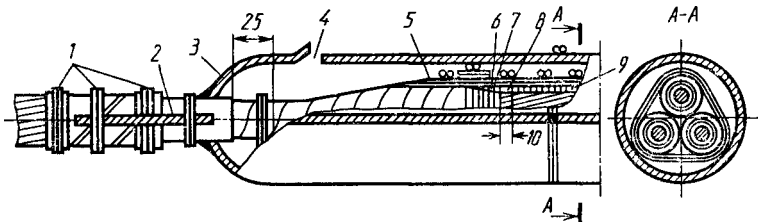


Рис. 3-12. Свинцовая соединительная муфта марки СС:

- 1 — бандажи; 2 — провод заземления; 3 — корпус муфты; 4 — заливочное отверстие; 5 — подмотка рулонами; 6 — подмотка роликами шириной 25 мм; 7 — то же, 10 мм; 8 — то же, 5 мм; 9 — соединительная гильза

Рулоны и ролики кабельной бумаги вместе с нитками поступают на монтаж в жестяных запаянных банках, заполненных кабельной массой МП-1. В зависимости от количества и размеров бумажных рулонов и роликов эти комплекты в банках различают по номерам. Бумажную изоляцию плотно укладывают, не допуская образования между слоями бумаги пузырьков воздуха. После этого жилы кабеля вторично прошпаривают кабельной массой МП-1, надвигают на место соединения свинцовую муфту, концы ее околачивают и припаивают к оболочке кабеля. Для заливки муфты кабельной массой в муфте на расстоянии 260—350 мм друг от друга вырезают два отверстия: одно — для введения в муфту кабельной массы, другое — для выхода из нее воздуха.

Перед заливкой кабельную массу нагревают и заливают в предварительно подогретую муфту. После охлаждения и усадки кабельной массы ее подливают до полного заполнения муфты, после чего заливочные отверстия запаявают. Свинцовую муфту в целях защиты от повреждения закрывают в стальной или чугунный кожух.

Для соединения кабелей напряжением до 1 кВ применяют чугунные муфты (рис. 3-13), а для соединения кабелей с пластмассовой изоляцией эпоксидные муфты. После окончания монтажа проводятся необходимые испытания, подтверждающие высокое качество монтажных работ.

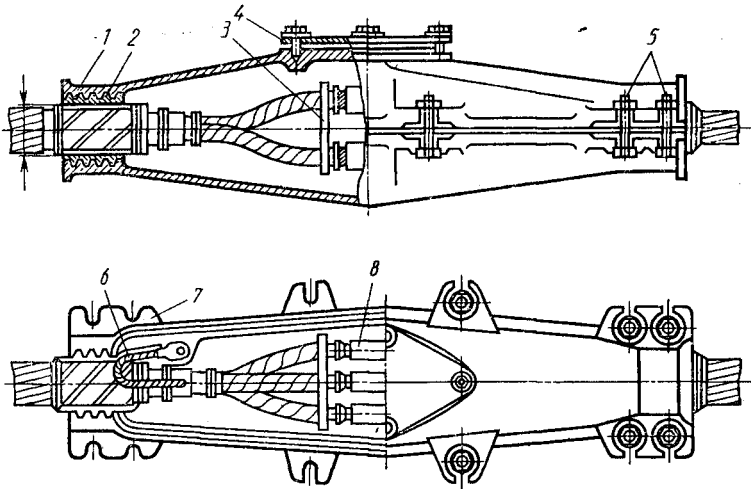


Рис. 3-13. Чугунные соединительные муфты марки СЧ:

1 — верхняя полумуфта; 2 — подмотка из смоляной ленты; 3 — фарфоровая фиксирующая форма; 4 — крышка; 5 — стягивающие болты; 6 — проводник заземления; 7 — нижняя полумуфта; 8 — соединительная гильза

### § 3-5. Техника безопасности при монтаже кабелей

При прокладке кабеля вручную масса участка кабеля, приходящегося на одного взрослого рабочего, не должна превышать для мужчин 35 кг и для женщин 20 кг. В местах расположения подземных коммуникаций к земляным работам приступают только при наличии письменного разрешения организаций, ответственных за эксплуатацию этих коммуникаций. Вблизи подземных коммуникаций (например, трубопроводов) земляные работы ведут под непосредственным наблюдением производителя работ или мастера, а вблизи действующих кабелей, кроме того, под наблюдением ответственного работника энергосистемы, эксплуатирующей эти кабели.

Пользование ударными инструментами (ломы, кирки, клинья, пневмоинструмент), а также землеройными машинами вблизи действующих подземных коммуникаций (электрические кабельные линии, газопроводы, напорные трубопроводы и др.) запрещается. Если при работах обнаруживают не предусмотренные в плане трассы подземные коммуникации, то земляные работы немедленно прекращают впредь до выяснения и получения соответствующего разрешения. Кабели и муфты, обнаруженные при производстве земляных работ, подлежат защите щитами и плакатами, предупреждающими о наличии напряжения и опасности для жизни.

При спуске барабанов с платформ или автомашин не допускается присутствие людей вблизи наклонных слег. При прогреве кабеля электрическим током не допускается применение напряжения свыше 250 В. Силовые трансформаторы, сварочные и другие машины, используемые при прогреве на напряжения свыше 36 В, подлежат заземлению вместе с металлической оболочкой кабеля.

Осмотр колодцев, туннелей, коллекторов и работы в них должны производиться не менее чем двумя лицами. Колодец или туннель при открытии люка должен быть провентилирован. К работе в колодцах и туннелях можно приступать только в том случае, если не будет обнаружен газ (наличие или отсутствие газа устанавливают специальные службы предприятия). При работах в колодцах, туннелях и коллекторах допускается использование переносных ламп напряжением не свыше 12 В. Кабельные заделки монтируют с применением эпоксидного компаунда и специальных лаков № 1 и 2 лишь электромонтеры, прошедшие предварительный инструктаж.

Кабельную массу и припой разогревают, эту массу заливают в муфту обязательно в брезентовых рукавицах и защитных очках.

К электрическим испытаниям кабеля приступают, проверив отсутствие на нем напряжения (в необходимых случаях кабель заземляют).

#### Контрольные вопросы

1. Какие типы кабельных линий применяют в электроустановках промышленных предприятий?
2. Какие средства механизации применяются при монтаже кабельных линий в блоках?
3. Какие средства механизации применяют при монтаже кабельных линий в траншеях?
4. Как монтируют концевые кабельные муфты?
5. Как монтируют соединительные кабельные муфты?
6. Как монтируют эпоксидные концевые заделки?
7. Изложите правила техники безопасности при монтаже муфт.

### Глава 4. МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

#### § 4-1. Общие требования к воздушным линиям и определения

*Воздушной линией электропередачи (ВЛ)* называют устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным с помощью изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.).

За начало и конец ВЛ принимают линейные порталы или линейные вводы распределительных устройств, а для ответвлений — ответвительную опору и линейный портал распределительного устройства. По рабочему напряжению их делят на ВЛ до 1 кВ и ВЛ свыше 1 кВ. Воздушные линии свыше 1 кВ в Советском Союзе строят на напряжения 3, 6, 10, 35, 110 кВ и более.

Для различной местности к ВЛ предъявляются различные требования с точки зрения надежности крепления проводов и защитных тросов, расстояний от земли и окружающих предметов и т. п. В соответствии с ПУЭ местность разделяют на населенную, ненаселенную, труднодоступную и застроенную. Полосу местности, по которой проходит ВЛ, называют *трассой линии*.

Провода и защитные тросы через изоляторы или гирлянды изоляторов подвешивают на опорах: промежуточных, угловых, анкерных, концевых, транспозиционных, усиленных (противоветровых и опор больших переходов). Их выполняют свободностоящими или с оттяжками — деревянными, железобетонными или металлическими, одноцепными, двухцепными и т. п. (рис. 4-1).

Для линий электропередачи применяют неизолированные однопроволочные, многопроволочные (из одного металла или комбинированные из двух металлов), а также пустотелые, или голые, провода и тросы.

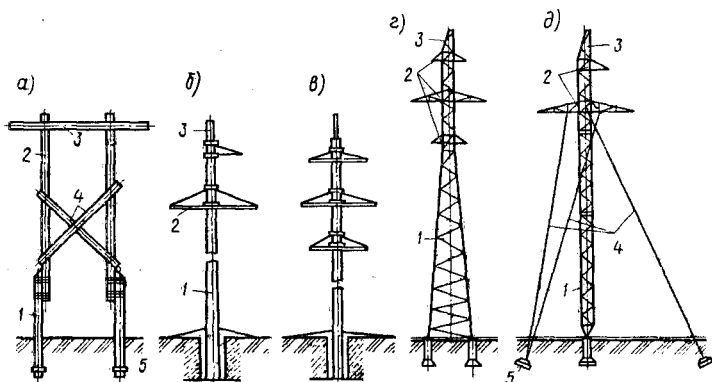


Рис. 4-1. Типы промежуточных опор:

*a* — П-образная деревянная опора ВЛ напряжением 35—110 кВ; *1* — пасынок; *2* — стойка; *3* — траверса; *4* — раскосы; *5* — ригель; *б* — железобетонная опора ВЛ напряжением 35—220 кВ; *1* — стойка; *2* — траверса; *3* — тросостойка; *в* — железобетонная двухцепная опора ВЛ напряжением 35—110 кВ; *г*, *д* — двухцепные и одноцепная металлические опоры: *1* — ствол; *2* — траверса; *3* — тросостойка; *4* — оттяжка; *5* — анкерная плита

Однопроволочные медные провода изготовляют сечением от 4 до 10 мм<sup>2</sup>, стальные — сечением от 10 до 28 мм<sup>2</sup> (диаметром 3,5—6 мм), а биметаллические — из стальной проволоки, покрытой слоем меди или алюминия, сечением от 10 до 25 мм<sup>2</sup> (рис. 4-2, *a*, *б*).

Многопроволочные провода из одного металла (рис. 4-2, *в*) изготовляют скруткой отдельных проволок в определенном порядке.

Как правило, провод имеет одну центральную проволоку и последующие повивы (ряды) проволок. В первый повив укладывается обычно шесть проволок, а в каждый последующий — на шесть проволок больше. Таким образом, провод с одним повивом имеет 7 проволок, с двумя — 19 и т. д.

Трос (рис. 4-2, *II*) состоит из проволочных прядей, свитых вокруг пенькового сердечника. Проволоки внутри прядей также перевиты между собой. В марки-

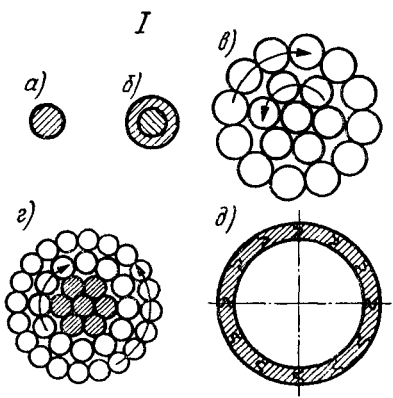


Рис. 4-2. Конструкция неизолированных проводов и тросов:

*I* — неизолированных проводов: *a* — однопроволочного; *б* — однопроволочного биметаллического; *в* — многопроволочного; *г* — многопроволочного комбинированного; *д* — полого; *II* — трос: *1* — прядь; *2* — проволока; *3* — пеньковый сердечник

ровке троса указывается количество прядей и число проволок в каждой из них.

Для ВЛ напряжением до 110 кВ применяют провода: медные, марки М — однопроволочные и многопроволочные, алюминиевые марок А и АКП — многопроволочные соответственно с междупроволочным пространством, защищенным или незащищенным нейтральной смазкой; ПС — стальные многопроволочные; АС — сталеалюминиевые со стальным сердечником; АСК — сталеалюминиевые, с сердечником, покрытым пленкой; АСКС — сталеалюминиевые, защищенные нейтральной смазкой; АСКП — сталеалюминиевые с сердечником, защищенным пленкой и междупроволочным пространством, защищенным нейтральной смазкой.

Для изоляции проводов и тросов от земли и крепления их к опорам служат изоляторы, изготавливаемые из фарфора и стекла (в обозначении марки изолятора соответственно индекс «Ф» или «С»). В зависимости от способа крепления на опоре изоляторы разделяют на штыревые, которые крепят на крюках или штырях, и подвесные, которые собирают в гирлянды и крепят к опоре с помощью специальной арматуры (рис. 4-3).

*Штыревые изоляторы* применяют на ВЛ напряжением до 35 кВ. На ВЛ напряжением 0,4 кВ применяют штыревые изоляторы ТФ, ШФН, РФО и НС, а на ВЛ 6—10 кВ — изоляторы ШС-10А, ШС-10В, ШФ-10Г. Штыревые изоляторы для ВЛ 20 и 35 кВ имеют

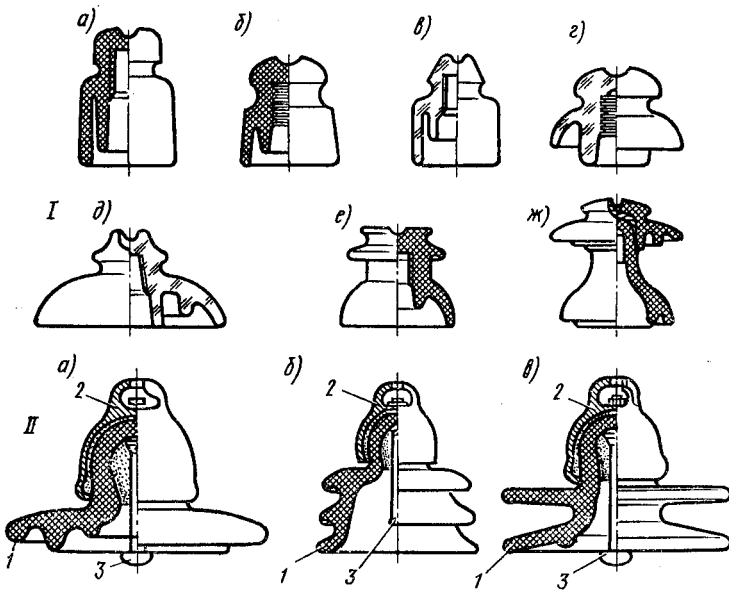


Рис. 4-3. Изоляторы для ВЛ:

*I* — штыревые: *а* — ТФ; *б* — ШФН; *в* — НС; *г* — ШС-10А; *д* — ШС-10В; *е* — ШФ-10Г; *ж* — ШФ-35Б; *II* — подвесные: *а* — нормальный (ПФ6-А); *б*, *в* — для загрязненных районов (ПР-3Б и ПФГ6-А); 1 — изолирующая деталь (тарелка); 2 — шапка; 3 — стержень



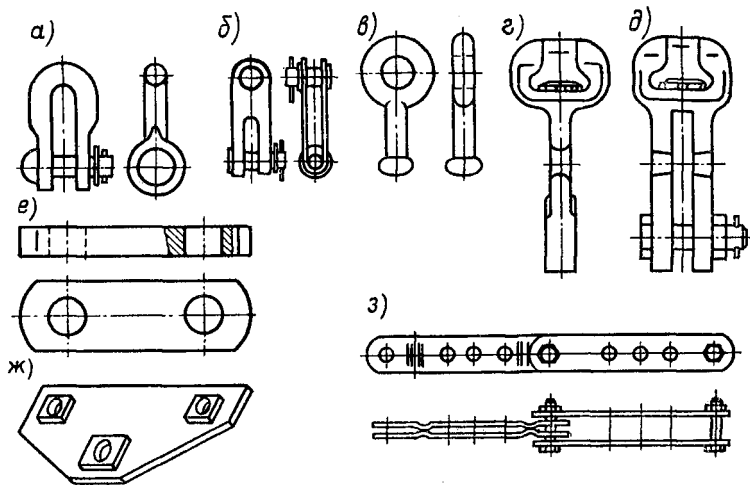


Рис. 4-4. Сцепная арматура:

а — скоба; б — двойная скоба; в — серьга; г — однолапчатое ушко; д — двухлапчатое ушко; е — промежуточное звено; ж — коромысло; з — регулируемое промежуточное звено

сложную конструкцию и состоят из двух частей, соединяемых цементной связкой.

Подвесные изоляторы применяют на ВЛ напряжением 35 кВ и выше, а также на ВЛ напряжением 6—10 кВ, если требуются изоляторы повышенной механической прочности (например, на больших переходах, на анкерных опорах с тяжелыми проводами).

На ВЛ напряжением свыше 35 кВ подвесные изоляторы с помощью сцепной арматуры (рис. 4-4) комплектуют в гирлянды (рис. 4-5).

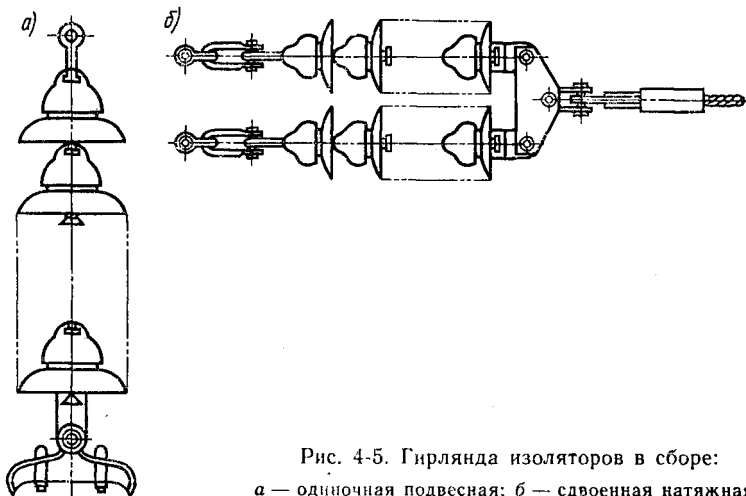


Рис. 4-5. Гирлянда изоляторов в сборе:

а — одиночная подвесная; б — двоянная натяжная

Комплекс работ по сооружению ВЛ включает в себя подготовительные, строительные, монтажные и пусконаладочные работы и сдачу линии в эксплуатацию.

Такая технология строительства ВЛ обеспечивает высокую производительность труда, удешевляет стоимость и сокращает сроки сооружения линии. Нарушение технологии ведет к излишним затратам и задерживает производство работ.

Каждый вид работ (технологическую операцию) по сооружению ВЛ выполняют последовательно на определенных участках трассы ВЛ, называемых участками *фронта работ*. Фронт работ должен быть не менее длины анкерного пролета, чтобы такие важные работы, как подъем и натягивание проводов, могли быть полностью закончены.

По мере сооружения линии электропередачи фронт работ перемещается вместе с работающей на ней специализированной бригадой или звеном рабочих. Многолетняя практика строительства линий электропередачи выявила наиболее целесообразную организацию ведения работ, получившую название *поточного метода*. При организации строительства ВЛ поточным методом каждый вид работ поручают специализированному прорабскому пункту или специализированной бригаде рабочих. Трассу линии разбивают на несколько участков фронта работ. Сначала на первом участке приступает к работе один прорабский пункт (обычно по подготовке трассы). По окончании его работы на первом участке работу начинает второй прорабский пункт (например, по транспортировке материалов), а прорабский пункт по подготовке трассы переходит на следующий участок фронта работ. Затем включается в работу прорабский пункт по сооружению фундаментов и т. д. По мере выполнения работ прорабские пункты последовательно перемещаются по трассе ВЛ с одного участка на другой.

Таким образом, непрерывная последовательная работа сменяющих друг друга прорабских участков образует поточное выполнение строительно-монтажных работ. Обычно организуют два потока, направленных навстречу друг другу или от середины линии к концам. При небольшом объеме работ поток может быть организован в составе одного прорабского пункта со специализацией бригад рабочих или отдельных звеньев.

При малом объеме или незначительном фронте работ сооружение линии электропередачи или ее отдельного участка выполняют *комплексным методом*. Комплексный метод заключается в выполнении всех технологических операций одной комплексной бригадой. Этим методом выполняют сопутствующие и специальные работы, увязанные по срокам с графиком работ основного потока. Так, отдельной комплексной бригаде может быть поручено устройство большого перехода через водную преграду или железную дорогу, перенос линии связи, мешающей строительству. Для выполнения работ в распоряжение бригады выделяют необходимые машины и механизмы, а ее состав укомплектовывают квалифицированными рабочими.

## § 4-2. Подготовительные и строительно-монтажные работы

В подготовительный период строительства ВЛ обеспечивают бесперебойное и рационально организованное выполнение работ по устройству фундаментов, установке опор и натяжке проводов. К подготовительным относят следующие работы: устройство подъездов к трассе ВЛ и временных полигонов для изготовления и сборки деревянных опор, рубку просеки и очистку трассы от пней и кустарника, размещение заказов на изготовление деталей, комплектацию материалов, оборудования, механизмов, инструмента, приспособлений, комплектацию бригад, составление графиков производства работ.

Работы непосредственно на трассе начинают с приемки от проектной организации и заказчика производственного пикетажа трассы ВЛ, т. е. с разметки расположения всех опор на местности. Затем прорубают просеку (если ВЛ или отдельные ее участки проходят по лесистой местности). Ширину просеки между кронами деревьев в лесных массивах и зеленых насаждениях принимают в зависимости от высоты деревьев, напряжения ВЛ, рельефа местности.

Все деревья, находящиеся внутри границ просеки, вырубают так, чтобы высота пня была не более их диаметра. Для проезда транспорта и механизмов по середине просеки на ширине не менее 2,5 м деревья вырубают вровень с землей. Зимой при рубке леса снег вокруг каждого дерева расчищают до уровня земли. Древесину, получаемую при рубке деревьев, сортируют, разделяют и укладывают в штабеля вдоль просеки; сучья складывают в кучи для вывоза.

Основные строительно-монтажные работы при сооружении ВЛ включают в себя изготовление деревянных опор, развозку опор или деталей опор по трассе, разбивку мест рытья котлованов под опоры, рытье котлованов, сборку и установку опор, развозку проводов и других материалов по трассе, монтаж проводов и защитного заземления, установку трубчатых разрядников и плакатов, фазировку, нумерацию опор и др.

Разбивку одиночных котлованов под одноэтажные деревянные и железобетонные опоры начинают с определения оси трассы ВЛ с помощью геодезических инструментов (теодолиты, буссоли и др.). Затем размечают линии, перпендикулярные оси трассы в точках установки опор (пикетов). На обеих этих линиях (рис. 4-6, а) на расстоянии 5—6 м от центра пикетного столба опоры забивают контрольные колышки «сторожки», по которым разбивают котлован, а в дальнейшем выверяют точность установки опоры по оси трассы.

При разбивке двух котлованов под анкерные А-образные опоры от центра пикетного столба опоры в обе стороны вдоль оси трассы размечают оси котлованов, а затем и контуры котлованов. Для разбивки двух котлованов под угловую А-образную опору в точке

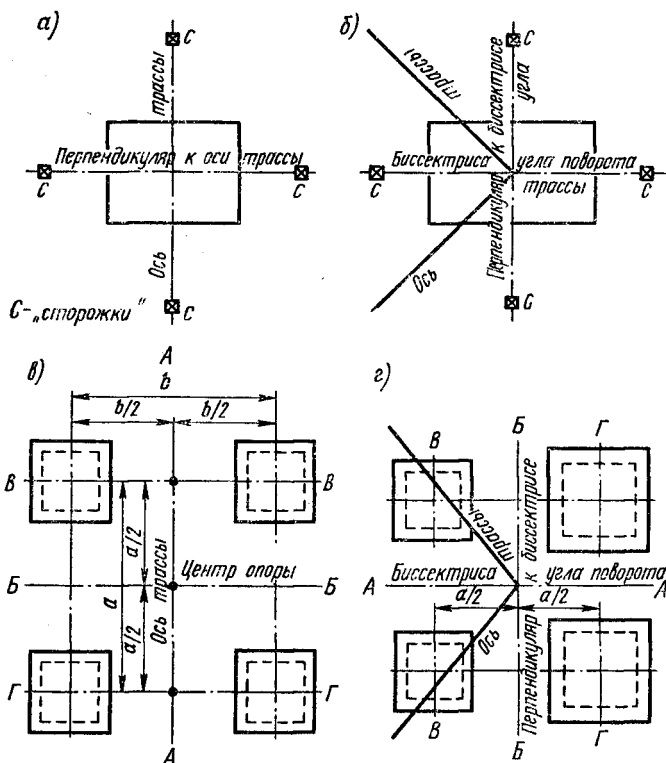


Рис. 4-6. Схема разбивки котлованов под установку опор:

а — одиночный котлован; б — под А-образную угловую опору; в — под фундаменты четырехстоечной опоры; г — то же, угловой опоры

поворота трассы с помощью геодезического инструмента восстанавливают биссектрису угла этого поворота и линию, ей перпендикулярную (рис. 4-6, б), и вдоль линии биссектрисы по обе стороны от указанного перпендикуляра размечают оси котлованов, а затем и сами котлованы. Аналогично делают разметку под опоры с оттяжками и подкосами, а также под узкобазные и широкобазные металлические опоры (рис. 4-6, в; г).

При рытье котлованов бурильными машинами вместо разметки котлованов производят только разбивку их центров. Котлованы роют землеройными механизмами (ямобурами на автомобильном или тракторном ходу) или одноковшовыми экскаваторами, а в скальных породах грунт вынимают с помощью взрыва. Вручную грунт вынимают только в исключительных случаях, где по условиям местности на пикет не может подойти землеройный механизм. В мерзлых грунтах котлованы бурят с помощью бурильных головок особой конструкции, на режущие кромки которых наварены пластины из твердых сплавов. Глубина котлованов для установки опор в зависимости от грунта и механических нагрузок на опоры

определяется проектом. Железобетонные и металлические опоры изготовляют на заводах и в собранном виде или частями развозят по трассе к местам установки, где их собирают.

Заготовленные и собранные на полигоне или в мастерских монтажного заготовительного участка одностоечные опоры с накрученными крючьями или штырями и закрепленными на них изоляторами развозят по трассе.

Арматуру и изоляторы перед вывозкой на трассу тщательно проверяют, комплектуют для каждой опоры, в мастерских собирают в гирлянды и доставляют в контейнерах на трассу. Количество изоляторов в гирлянде монтируют в зависимости от напряжения линии и типа изоляторов. Так, для ВЛ напряжением 110 кВ необходимо семь изоляторов, для ВЛ 35 кВ — три изолятора.

Схема подвески гирлянды на опорах представлена на рис. 4-7. Если механическая прочность одиночной гирлянды оказывается недостаточной, применяют двойные гирлянды.

Сложные металлические и железобетонные опоры развозят (разобрав предварительно их на транспортабельные узлы) по пикетам, где их собирают и устанавливают. В высокогорные и труднодоступные районы опоры доставляют на пикеты и устанавливают с помощью вертолетов.

Для подъема и установки опоры кран устанавливают у котлована на расстоянии 3—4 м от оси трассы, а опору в собранном виде укладывают над котлованом или фундаментом с таким расчетом, чтобы центр тяжести ее находился над центром котлована. Затем

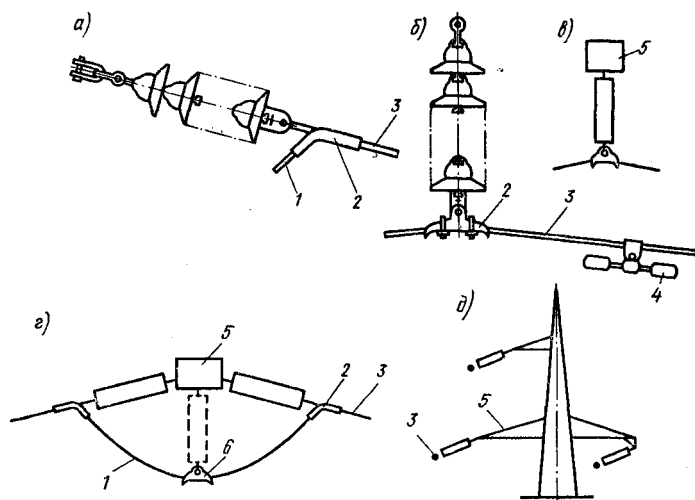


Рис. 4-7. Крепление к опорам гирлянд:

*a* — натяжная гирлянда; *б* — поддерживающая гирлянда; гирлянды на опорах: *в* — промежуточная; *г* — анкерно-уголовая; *д* — промежуточно-уголовая; 1 — петля провода; 2 — натяжной зажим; 3 — провод; 4 — гаситель вибрации; 5 — траверса опоры; 6 — поддерживающий зажим

опору поднимают до вертикального положения и опускают «пасынками» или стойками в котлован или на фундамент. Опору устанавливают так, чтобы оси траверс опоры были расположены перпендикулярно оси трассы; при этом проверяют, чтобы ось опоры была строго вертикальна и совпадала с осью трассы; затем засыпают котлован грунтом или закрепляют опору на фундаменте. Только после этого снимают стропы, кран освобождают и переводят для установки следующей опоры. В жестких узлах опоры захватывают такелажными тросами, причем у стоек железобетонных опор захват производят в двух местах.

Тяжелые и сложные опоры ВЛ напряжением 110 кВ устанавливают с помощью кранов с использованием тракторов в качестве тягового механизма или с падающей стрелой (рис. 4-8). К ВЛ

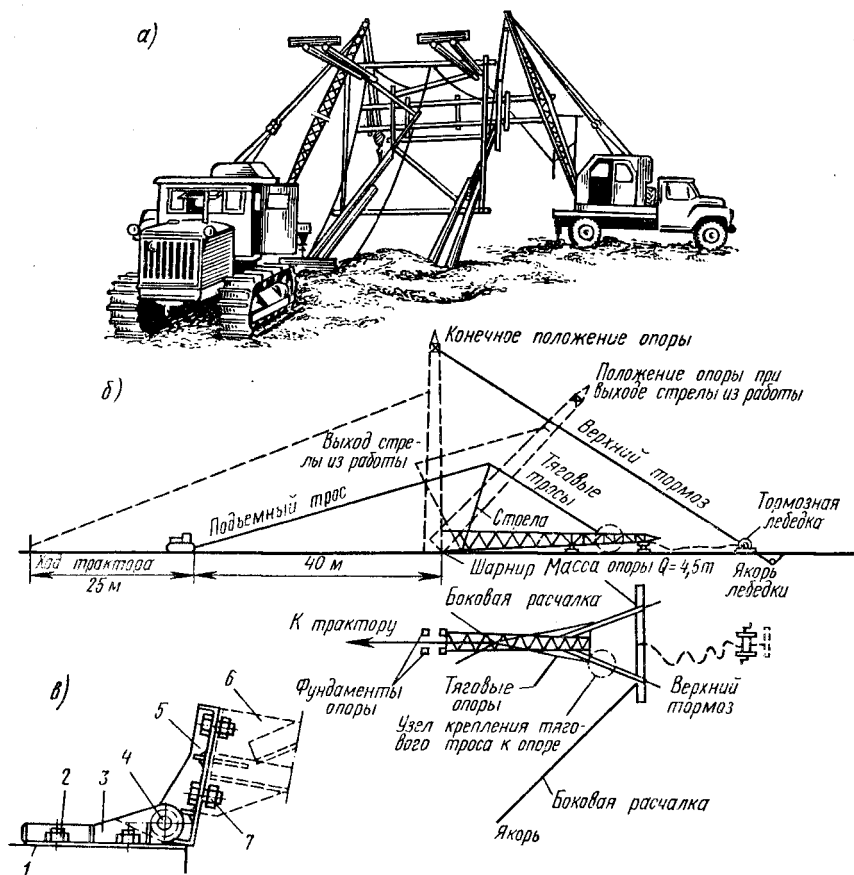


Рис. 4-8. Варианты способов установки опор:

**а** — установка сложной деревянной опоры с помощью крана и трактора; **б** — установка одностоечной опоры с помощью падающей стрелы и трактора; **в** — шарнир для установки свободно стоящей металлической опоры; 1 — подножник; 2 — анкерный болт; 3 и 5 — нижняя и верхняя пластины шарнира; 4 — ось шарнира; 6 — плита опоры; 7 — болты крепления опоры к шарниру

напряжением 110 кВ и выше в любое время года обеспечивается подъезд на возможно близкое расстояние, но не далее чем на 0,5 км от трассы ВЛ.

### § 4-3. Раскатка проводов

После завершения всех подготовительных работ и осмотра подготовленной к монтажу трассы приступают непосредственно к раскатке проводов. Как правило, раскатку выполняют двумя способами: с неподвижных раскаточных устройств, установленных в начале монтируемого участка, или с помощью подвижных раскаточных устройств (тележек, саней, кабельных транспортеров и т. п.), перемещаемых по трассе тяговым механизмом.

Первый способ (рис. 4-9) не требует изготовления специальных передвижных раскаточных приспособлений (тележек, транспортеров и др.); он пригоден при любом рельефе местности, сравнительно удобен при монтаже проводов на опорах portalного типа с оттяжками, когда провод при раскатке необходимо заводить внутрь опоры. Однако во время перемещения по земле возможны повреждения оцинковки троса и стальных проводов, а также верхних повивов алюминиевых проводов.

Этот способ применяют при монтаже коротких линий, а также на участках, где при раскатке проводов возможность их повреждения маловероятна (при хорошем снежном или травяном покрове). Раскатку этим способом совмещают с подъемом проводов и тросов на промежуточные опоры. При этом провода и тросы касаются

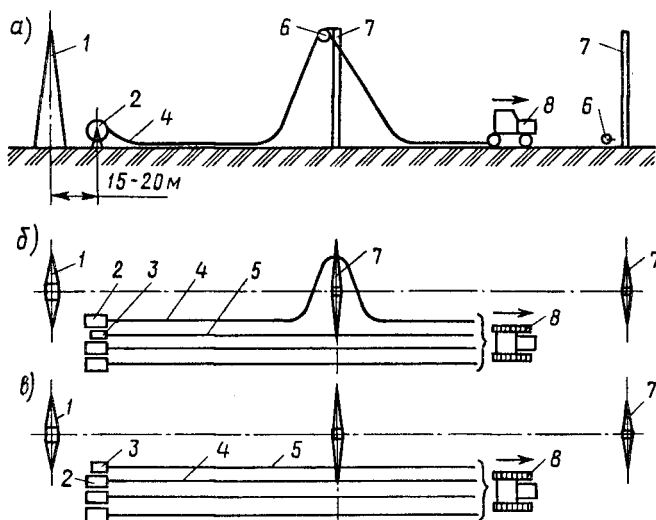


Рис. 4-9. Способы раскатки проводов с неподвижных раскаточных устройств:

*а* — схема раскатки провода; *б, в* — раскатка провода на одно- и двухцепной ВЛ напряжением 110 и 220 кВ; 1 — анкерная опора; 2 — барабан с проводом; 3 — барабан с тросом; 4 — провод; 5 — трос; 6 — раскаточный ролик; 7 — промежуточная опора; 8 — трактор

земли лишь в серединах пролетов, что увеличивает их сохранность. На опорах провода и тросы закладывают в раскаточные ролики, которые крепят к траверсам опор или гирляндам изоляторов вместо поддерживающих зажимов.

При втором способе (рис. 4-10) один конец провода закрепляют в начале трассы, а барабан устанавливают на тяговую размоточную машину. Тяговый механизм (обычно трактор) перемещает тележку с барабаном по трассе, и провод плавно сходит с барабана, не волочась по грунту, что почти полностью гарантирует его сохранность. Этим способом можно выполнять раскатку, не поднимая провода на опоры, что позволяет полнее использовать механизмы. Высокая производительность и хорошие технические показатели позволяют широко применять этот способ раскатки проводов.

Независимо от способа размотки провода или троса с барабана раскатку целесообразнее производить одновременно нескольких проводов (в зависимости от типа опор) одним механизмом, в том числе и трех проводов вместе с грозозащитным тросом. При строительстве ВЛ, особенно в труднодоступной местности, для раскатки проводов применяют вертолеты (рис. 4-10).

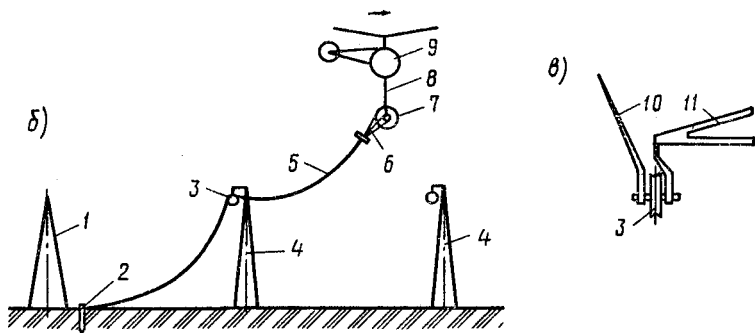


Рис. 4-10. Способ раскатки проводов с вертолета:

1 — анкерная опора; 2 — якорь; 3 — открытый раскаточный ролик; 4 — промежуточная опора; 5 — раскатываемый провод; 6 — раскаточная рама с направляющим устройством; 7 — барабан с проводом; 8 — внешняя подвеска вертолета; 9 — вертолет; 10 — ловитель раскаточного ролика; 11 — траверса промежуточной опоры

#### § 4-4. Соединение и ремонт проводов и тросов

Одновременно с раскаткой производят соединение проводов и тросов, а также ремонт обнаруженных на них повреждений. Соединение и ремонт проводов являются наиболее ответственными операциями в комплексе монтажных работ, так как от качества их выполнения зависят эксплуатационные показатели сооружаемой линии.



Для надежного электрического и механического соединения проводов алюминиевые проволоки проводов и внутреннюю поверхность соединителя тщательно очищают от

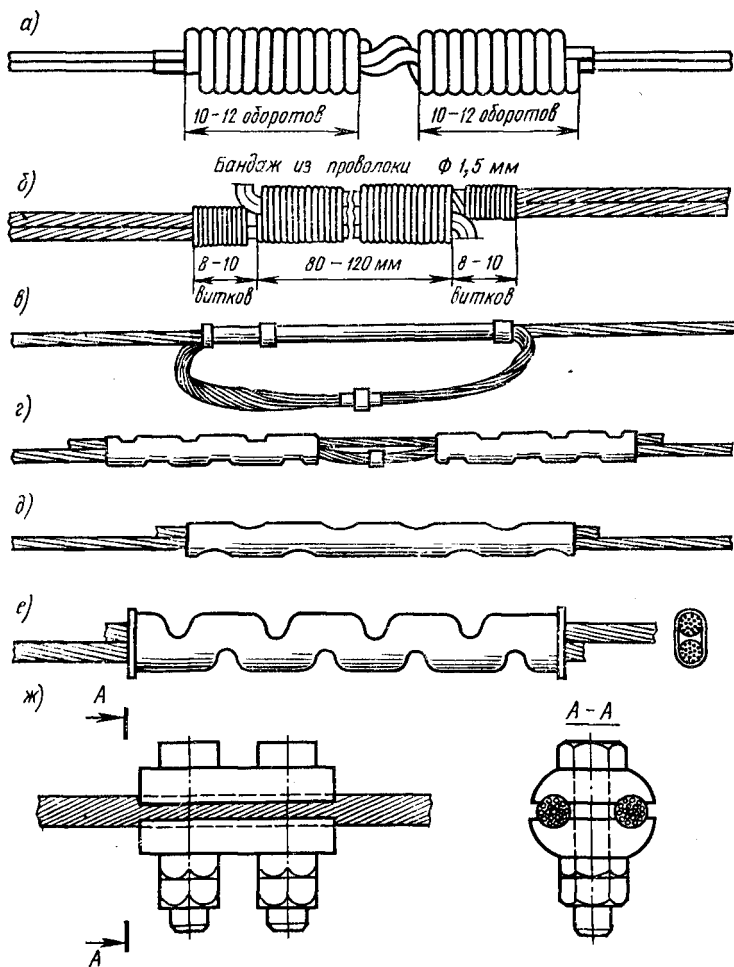


Рис. 4-11. Соединение проводов ВЛ:

а — скруткой; б — бандажированием внахлестку; в — опрессовкой в гильзе и сваркой в петле; г — опрессовкой провода с шунтом в овальном соединителе; д — сваркой встык и опрессовкой в гильзе; е — опрессовкой внахлестку в гильзе; ж — болтовым зажимом

пленки окиси (оксида) алюминия, которая имеет большое электрическое сопротивление. Учитывая способность алюминия быстро окисляться, подготовку проводов и соединителя, а также соединение проводов необходимо выполнять быстро.

Алюминиевые и сталеалюминиевые провода соединяют с помощью термитной сварки с дополнительной установкой овальных соединителей для разгрузки сварного соединения от механических напряжений, если соединение проводов сделано в пролете. Стальные многопроволочные провода соединяют с помощью овальных соединителей путем их обжатия специальными клещами, стальные однопроволочные провода сваривают электросваркой или с помощью термитных патронов. На рис. 4-11 показаны способы соединения проводов ВЛ в пролете.

При монтаже проводов на анкерных и транспозиционных опорах петли применяют как неразъемные (без разрезания провода), так и разъемные, если при эксплуатации необходимо иметь соединения разъемным. Такие соединения выполняют с помощью прессуемых зажимов типа ПАС или плашечных зажимов (на малоответственных ВЛ).

Для восстановления проводов, имеющих обрывы отдельных проволок (не более 34 % общего числа токоведущих проволок), применяют ремонтные зажимы типа РАС, монтируемые опрессовыванием с помощью гидравлических прессов. В зависимости от числа поврежденных проволок применяют короткие и длинные зажимы. Если число оборванных проволок превышает допускаемое нормами, участок провода заменяется новым.

#### § 4-5. Натяжка и закрепление проводов

После окончания работ по раскатке, соединению и ремонту на участке ВЛ, ограниченном анкерными или угловыми опорами, провода и трос поднимают и натягивают. Направление натяжения должно совпадать с направлением трассы. Если из-за рельефа местности это условие выполнить трудно, то натяжку производят через добавочные отводные ролики.

Натяжение проводов и тросов обычно выполняется трактором. Необходимое значение тяжения контролируется по размеру стрелы провеса провода или троса (рис. 4-12). Стрелу провеса проводов устанавливают непосредственным визированием. Для этого на соседних опорах прикрепляют визирные рейки таким образом,

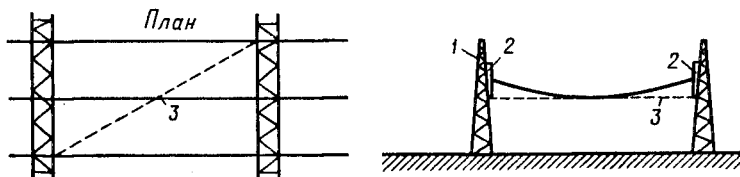


Рис. 4-12. Установка стрелы провеса проводов непосредственным визированием:

1 — траверса; 2 — рейка; 3 — линия визирования

Рис. 4-13. Кривые стрел провеса проводов

чтобы отметки на этих рейках, соответствующие размеру стрелы провеса, находились бы на одной горизонтальной линии. При визировании необходимо подняться на одну из опор и, пользуясь биноклем, определить момент, когда натяжку провода следует прекратить. Если натяжение провода отрегулировано правильно, то низшая точка провеса находится на прямой, соединяющей обе визирные точки. Провод при регулировке натяжения подгоняют под линию визиования не снизу, а сверху. Команда о прекращении натяжки подается в тот момент, когда наблюдается перетяжка провода на 0,3—0,5 м. После того как провод находится в этом положении 3—5 мин, его опускают до линии визиования.

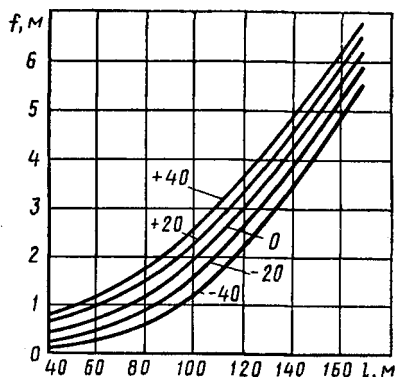
К проекту ВЛ прилагают кривые монтажных стрел провеса проводов (рис. 4-13), а также ведомость пролетов, в соответствии с которыми визируют провода. Если отсутствует ведомость визируемых пролетов или длина пролета по местным условиям существенно (более 5—7 м) отличается от запроектированной, то стрела провеса (м) составит  $f_x = (l_x/l)^2 f$ , где  $l_x$  — фактическая длина визируемого пролета, м;  $f$  и  $l$  — соответственно стрела провеса и длина пролета по таблицам или кривым монтажных стрел провеса, м.

После того как отрегулированы стрелы провеса, провода крепят к изоляторам сначала на анкерных, а затем на промежуточных опорах. Величина стрелы провеса после закрепления провода на анкерных опорах не должна отличаться от проектной больше чем на  $\pm 5\%$ , а расстояние проводов и тросов относительно друг друга не должны отличаться более чем на 10% от проектных расстояний между ними.

На деревянных опорах рекомендуется прежде всего визиовать стрелу провеса среднего провода. Если на опоре трудно установить визирный знак (например, при монтаже переходов), визиование производят с помощью теодолитов.

На анкерных и угловых опорах провода крепят с помощью натяжных зажимов (рис. 4-14). Грозозащитные тросы крепят на опорах так, как это показано на рис. 4-15. Провода и грозозащитные тросы на промежуточных опорах, как правило, лежат в раскаточных роликах. Поэтому после натяжки на промежуточных опорах необходимо переложить их в поддерживающие зажимы.

Ветер, дующий длительное время с небольшой скоростью без порывов, может вызвать колебание провода в виде неподвижных вертикальных волн, расположенных равномерно по длине провода. Такая вибрация вызывает повреждение проводов в местах выхода



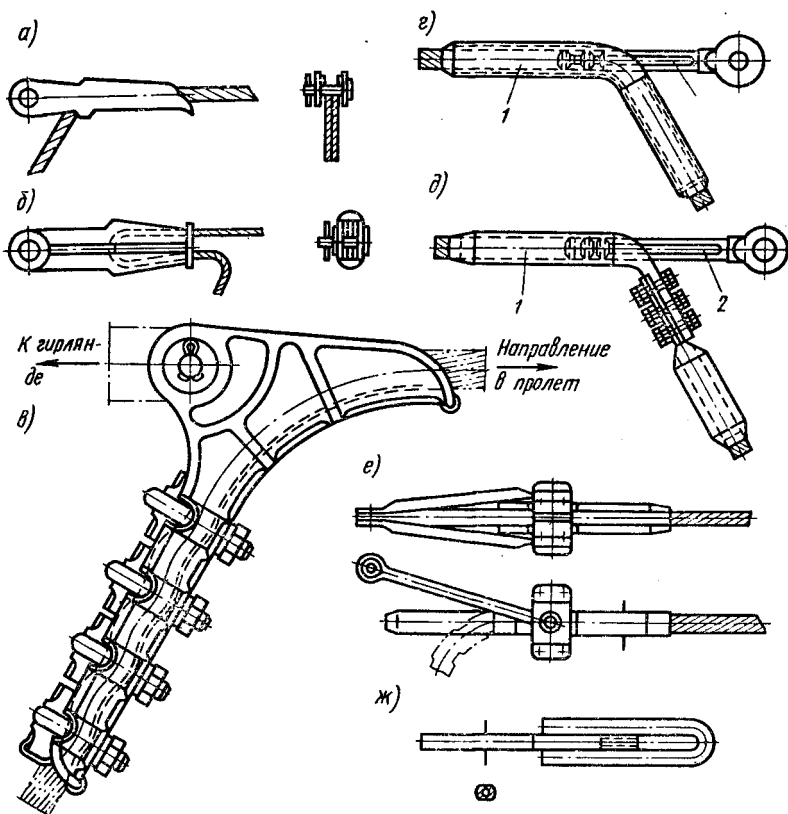


Рис. 4-14. Натяжные зажимы:

а — натяжной клиновой зажим для медных проводов; б — клинкоуш для стальных проводов и тросов; в — натяжной болтовой зажим; г — натяжной прессуемый зажим; д — натяжной прессуемый разъемный зажим; е — натяжной прессуемый зажим, не требующий разрезания провода; ж — натяжной прессуемый зажим для стальных тросов; 1 — корпус; 2 — стальной анкер

их из зажимов. Для гашения вибрации на провода у их выхода из зажимов одновременно с перекладкой проводов устанавливают гасители вибрации (рис. 4-16). Перекладка проводов производится без опускания и с опусканием их на землю. Тросы перекладывают без опускания на землю; применяют различные методы перекладки троса и провода. Предпочтение отдается перекладке без опускания проводов на землю, так как опоры обычно устанавливают с закрепленными на них гирляндами изоляторов.

Монтаж проводов в пролетах, пересекающих инженерные сооружения (дороги, воздушные линии электропередачи, линии связи), выполняют в зависимости от местных условий с отключением пересекаемых линий и прекращением движения по дорогам, каналам или без отключения и прекращения движения. Если переход монтируют без отключения напряжения на пересекаемых

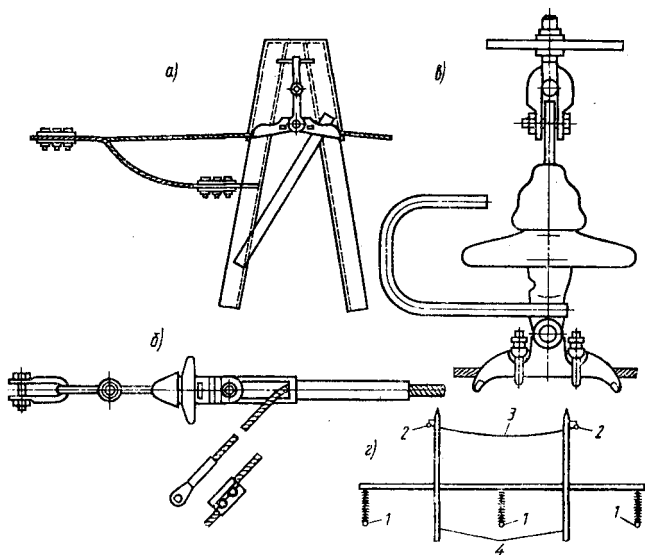


Рис. 4-15. Крепление грозозащитного троса на опорах:

*а* — на промежуточных металлических и железобетонных опорах линий 35—110 кВ; *б* — на анкерных металлических опорах через изолятор с глухим заземлением; *в* — на промежуточных опорах через изолятор с заземлением с помощью искрового промежутка на линиях напряжением 220—500 кВ; *г* — на деревянных опорах; 1 — провода; 2 — тросы; 3 — перемычка между грозозащитными тросами; 4 — спуски

линиях или без прекращения движения по дорогам и каналам, то сооружают защиту перехода в виде временных стоек или П-образных опор (с натянутым тросом), на которые укладывают разматываемый провод, не касаясь пересекаемых ВЛ и не препятствуя движению транспорта. Монтаж проводов на переходе можно выполнять и без сооружения специальных защит — с помощью легких стальных, а лучше нейлоновых или иных непроводящих канатов или веревок.

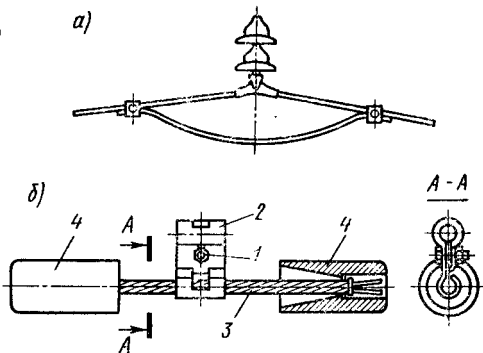


Рис. 4-16. Гаситель вибрации:

*а* — петлевого типа; *б* — типовой; 1 — болт; 2 — захват; 3 — трос; 4 — грузы

Сроки монтажа переходов очень короткие, поэтому важно, чтобы организация работ была хорошо продумана. Расстояние между проводами, а также от проводов до опор и окружающих объектов определяют по данным проекта согласно требованиям ПУЭ.

#### § 4-6. Защита воздушных линий от перенапряжений; заземление

Воздушные линии напряжением 110 кВ на металлических, железобетонных опорах, как правило, защищают от прямых попаданий ударов молний тросами по всей длине. ВЛ напряжением 110 кВ на деревянных опорах и ВЛ напряжением до 35 кВ такой защиты не требуют. Единичные металлические и железобетонные опоры и другие места с ослабленной изоляцией на ВЛ напряжением 35 кВ с деревянными опорами защищают трубчатыми разрядниками или при наличии АПВ защитными промежутками (рис. 4-17), а на ВЛ напряжением 110—220 кВ — трубчатыми разрядниками (рис. 4-18).

Трубчатый разрядник представляет собой фибровую трубку, покрытую бакелизированной бумагой. Внутри трубки расположены стержневой и плоский электроды, разделенные промежутком. При возникновении электрической дуги фибра выделяет газы, которые гасят дугу. Трубчатые разрядники включают между проводом (через внешний искровой промежуток) и заземляющим устройством и их крепят на опоре с помощью хомутов и планок за любой конец трубки на высоте не менее 3 м от земли. Разрядники типа РТФ лучше закреплять за закрытый конец. Трубчатый разрядник размещают на опоре так, чтобы его выхлопные газы не вызывали междуфазовых пробоев и зоны выхлопов различных разрядников не перекрывали друг друга. В зону выхлопа также не должны попадать элементы опоры, имеющие потенциал иной, чем открытый конец трубки разрядника в момент гашения дуги.

При отсутствии трубчатых разрядников напряжением 110—220 кВ необходимых параметров вместо них допускается устанавливать защитные промежутки. На кабельные вставки ВЛ при длине менее 1,5 км по обоим концам кабеля, на переходах ВЛ через реки и ущелья при высоте опор более 40 м, а также при отсутствии защитного троса также устанавливают трубчатые разрядники.

При этом заземляющий зажим разрядника, металлические оболочки кабеля, а также корпус кабельной муфты должны быть соединены между собой по кратчайшему пути. Заземляющий зажим разрядника должен быть соединен с заземлителем отдельным спуском.

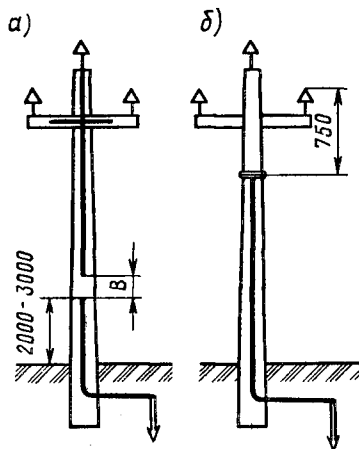
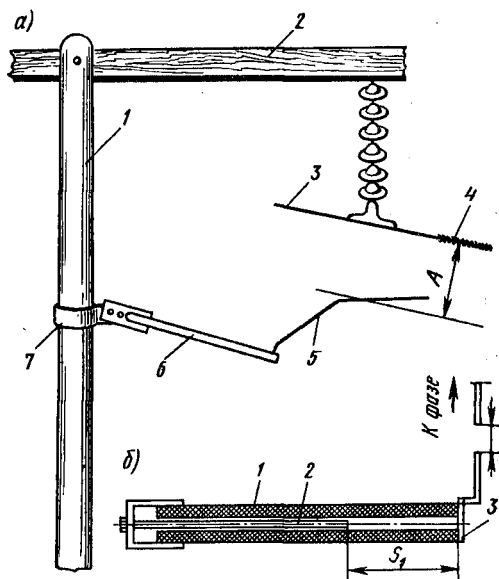


Рис. 4-17. Защитные промежутки:  
а — первый тип; б — второй тип

Рис. 4-18. Установка трубчатого разрядника на промежуточной деревянной опоре ВЛ напряжением 110 кВ:

*a* — положение трубчатого разрядника на опоре: 1 — стойка; 2 — траверса; 3 — провод; 4 — подмотка; 5 — электрод внешнего искрового промежутка; 6 — разрядник; 7 — хомут для крепления разрядника; А — внешний искровой промежуток; б — трубчатый разрядник: 1 — трубка из газогенерирующего материала; 2 — стержневой электрод; 3 — кольцевой электрод



Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты, железобетонные и металлические опоры напряжением 3—35 кВ, опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители или другие аппараты, а также металлические и железобетонные опоры ВЛ напряжением 110—500 кВ без тросов и других устройств грозозащиты, если это необходимо по условиям обеспечения надежной работы релейной защиты и автоматики, должны быть заземлены. При этом величину сопротивления заземляющих устройств принимают в соответствии с ПУЭ.

Для заземления железобетонных опор в качестве заземляющих проводников используют элементы продольной арматуры стоек, которые металлически соединены между собой и могут быть присоединены к заземлителю. Оттяжки железобетонных опор используют в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре. При этом свободный конец тросов оттяжек присоединяют к рабочей части оттяжек с помощью специального зажима.

Тросы и детали крепления изоляторов к траверсе железобетонных опор металлически соединяют с заземляющим спуском или заземленной арматурой. Сечение каждого из заземляющих спусков на опоре ВЛ принимают не менее 35 мм<sup>2</sup>, а для однопроволочных — диаметр не менее 10 мм. Допускается применение стальных оцинкованных однопроволочных спусков диаметром не менее 6 мм.

На ВЛ с деревянными опорами рекомендуется болтовое соединение заземляющих спусков; на металлических и железобетонных опорах соединение заземляющих спусков может быть выполнено как сварным, так и болтовым.

Заземлители ВЛ, как правило, заглубляют на глубину не менее 0,5 м, а в пахотной земле — на 1 м. В случае установки опор в скальных грунтах допускается прокладка лучевых заземлителей

непосредственно под разборным слоем над скальными породами при толщине слоя не менее 0,1 м. При меньшей толщине этого слоя или его отсутствии рекомендуется прокладка заземлителей по поверхности скалы с заливкой их цементным раствором.

#### **§ 4-7. Особенности монтажа воздушных линий напряжением до 1000 В**

Для воздушных линий напряжением до 1000 В применяют одно- и многопроволочные провода: применение расплетенных проводов не допускается. По условиям механической прочности применяют провода сечением, не менее: алюминиевые — 16 мм<sup>2</sup>, сталеалюминиевые и биметаллические — 10 мм<sup>2</sup>, стальные многопроволочные — 25 мм<sup>2</sup>, стальные однопроволочные — 4 мм (диаметр).

Применение однопроволочных стальных проводов диаметром более 5 мм и однопроволочных биметаллических проводов диаметром более 6,5 мм не допускается. В районах с одноэтажной застройкой ответвления от ВЛ к вводам выполняют проводами с атмосферостойкой изоляцией. Длина ответвления от ВЛ к вводу должна быть не более 25 м.

Провода соединяют с помощью соединительных зажимов или сваркой (в том числе термитной). Сварка встык однопроволочных проводов не допускается. Однопроволочные провода можно соединить путем скрутки с последующей пайкой.

Расположение фазных проводов на опорах может быть любое. Нулевой провод располагают ниже фазных проводов, а провода наружного освещения — ниже нулевого провода. Провода крепят на опоре на штыревых изоляторах. Устанавливаемые на опорах плавкие предохранители, а также защитные, секционированные и другие устройства размещают ниже проводов ВЛ.

Расстояния между проводами на опоре и в пролете при наибольшей стреле провеса до 1,2 м по условиям их сближения в пролете устанавливают, не менее: 40 см — в I, II и III районах и 60 см — в IV и особом районах гололедности. При наибольшей стреле провеса более 1,2 м указанные расстояния должны быть увеличены пропорционально отношению фактической наибольшей стрелы провеса к стреле провеса, равной 1,2 м. Расстояние между изоляторами ввода по осям принимают не менее 20 см. Расстояние по горизонтали между проводами при спусках на опоре должно составлять не менее 15 см, от провода до поверхности опоры, траверсы или других элементов не менее 5 см.

В населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой ВЛ, не защищенные высокими деревьями, зданиями, промышленными дымовыми и другими трубами и т. п., заземляют для защиты от грозных перенапряжений.

Вводы в помещения через стены выполняют изолированными проводами, для чего в стенах пробивают или высверливают отверстия. Через кирпичные, железобетонные и подобные стены провода вводят в помещения через одно общее отверстие, но каждый провод заключают в отдельную изоляционную трубку. Через деревянные



стены каждый провод вводят в отдельное отверстие. На концах изоляционных трубок снаружи зданий устанавливают фарфоровые воронки, а внутри — изоляционные втулки (фарфоровые или пластмассовые). Выходные отверстия воронок уплотняют битумной массой. Если здание имеет небольшую высоту, то провода вводят в него через крышу (см. рис. 2-1).

Если трасса ВЛ проходит по лесистой местности, то вырубка просеки не обязательна; необходимо только, чтобы горизонтальное и вертикальное расстояния от крайнего провода до кроны деревьев и кустов были не менее 1 м.

После окончания строительно-монтажных работ ВЛ предъявляется заказчику для приемки ее в эксплуатацию. Приемка ВЛ осуществляется в соответствии с требованиями «Приемка в эксплуатацию законченного строительством предприятий, зданий и сооружений. Основные положения», «Электротехнические устройства» и ПУЭ.

Линии под напряжение включаются эксплуатационным персоналом после письменного уведомления строительной организацией о том, что ее работники с линии сняты и предупреждены о предстоящем включении.

При бесперебойной нормальной работе линии электропередачи в течение суток после включения Государственная приемочная комиссия оформляет акт передачи линии в эксплуатацию.

#### § 4-8. Техника безопасности

Кроме общих правил техники безопасности при установке опор и натяжке проводов оттяжки закрепляют с помощью якорей, укрепленных в земле. Крепить оттяжки к опорам монтируемой или действующей воздушной линии электропередачи нельзя. После установки и выверки опоры работу не прекращают до полной засыпки котлована. В городах и населенных пунктах при монтаже ВЛ устанавливают сигналы и сторожевые посты, предупреждающие о недопустимости прохода пешеходов и проезда транспорта в пролетах во время подвески проводов.

При работе на угловой опоре следует находиться на стороне опоры, противоположной внутреннему углу, образованному проводами. При монтаже ВЛ отдельные смонтированные участки длиной 3—5 км закорачивают и заземляют. Во время грозы работы на монтаже ВЛ прекращают и людей удаляют на безопасное расстояние. Смонтированные ВЛ и отдельные их участки, проходящие вблизи действующих линий, а также переходы, пересекающие действующие ВЛ напряжением свыше 1000 В, впредь до их присоединения к источнику напряжения закорачивают и заземляют. При работе с автомобильным краном его устанавливают, отступив от бровки котлована на безопасное расстояние, под аутригеры подкладывают прочные и устойчивые подкладки и ходовую часть крана надежно сатормаживают ручным тормозом.

##### *Контрольные вопросы*

1. Из каких основных элементов состоит ВЛ и каково их назначение?
2. Каковы преимущества и недостатки железобетонных опор?
3. Какую арматуру применяют при сборке гирлянд изоляторов?
4. Почему грозовые разряды угрожают безопасности людей и нормальной работе ВЛ?
5. Какие грузоподъемные средства и приспособления используют при строительстве ВЛ?
6. Какие меры безопасности применяют при строительстве ВЛ?

## Глава 5. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

### § 5-1. Общие требования к устройству подстанций промышленных предприятий

Подстанции (ПС) являются важным звеном системы электроснабжения промышленных предприятий. Они служат для приема, преобразования и распределения электроэнергии. В зависимости от мощности и назначения подстанции подразделяют на узловые распределительные подстанции (УРП) напряжением 110—500 кВ; главные понизительные подстанции (ГПП) 110—220/6—10—35 кВ; подстанции глубоких вводов (ПГВ) 110—330/6—10 кВ; распределительные подстанции (РП) 6—10 кВ; цеховые трансформаторные подстанции (ТП) 6—10/0,38—0,66 кВ. На ГПП трансформируется энергия, получаемая от источника питания, с напряжением 110—220 кВ обычно на напряжение 6—10 кВ (иногда 35 кВ), на котором происходит распределение энергии по подстанциям предприятия и питание электроприемников высокого напряжения; УРП получают энергию от энергосистем и распределяют ее (без трансформации или с частичной трансформацией) по воздушным и кабельным линиям глубоких вводов напряжением 110—220 кВ по территории предприятия.

Узловая распределительная подстанция (УРП) отличается от ГПП большей мощностью, а также тем, что основная ее мощность при подводимом напряжении 110—220 кВ; она выполняется по упрощенным схемам коммутации на первичном напряжении; получает питание от энергосистемы или УРП данного предприятия и предназначается для электроснабжения отдельного объекта или района. Цеховые подстанции малой и средней мощности трансформируют энергию с напряжения 6—10 кВ на вторичное напряжение 380/220 В или 660/380 В.

Повысительные трансформаторные подстанции применяются на электростанциях для трансформирования электроэнергии, выработанной генераторами, на более высокое напряжение, при котором энергию можно передать на расстояние с наименьшими потерями. Преобразовательные подстанции служат для преобразования переменного тока в постоянный (иногда и наоборот), а также для преобразования энергии одной частоты в другую. Наиболее экономичны преобразовательные подстанции с полупроводниковыми выпрямителями. Распределительные подстанции 6—10 кВ питаются в основном от ГПП (иногда от УРП). При системе дробления подстанций 110—220 кВ функции РП выполняют распределительные устройства 6—10 кВ на ПГВ.

В зависимости от размещения подстанций их распределительные устройства бывают открытые (ОРУ) или закрытые (ЗРУ). Питающие и отходящие линии на подстанциях 6—10 кВ преимущественно кабельные, а на подстанциях 35—220 кВ в основном воздушные. Особое внимание обращается при сооружении и монтаже подстанций на надежность и экономичность электроснабжения данного производства.

Монтаж подстанции производится промышленными методами с применением крупноблочных устройств и монтажных узлов и заготовок, заранее изготовленных в приобъектных мастерских электромонтажных организаций и заводах электропромышленности. Подстанции, как правило, выполняют для работы без постоянного присутствия на них дежурного персонала, с применением простейших устройств автоматики и сигнализации.

При выполнении строительной части подстанции целесообразно применять облегченные промышленные конструкции и элементы (панели, настилы и т. п.) из гнутых профилей. Эти элементы заранее изготовляют вне монтажной зоны, и на месте производят только их сборку. Это значительно сокращает сроки и уменьшает стоимость строительства.

Основные решения по схемам подстанции принимаются при проектировании электроснабжения предприятия с учетом перспектив его развития. Подстанции имеют вводы высшего напряжения, трансформаторы и отходящие кабельные линии или токопроводы низшего (вторичного) напряжения. Подстанции монтируют из оборудования и элементов, приведенных ниже. Число возможных сочетаний оборудования и элементов велико. При разработке схем подстанций стремятся к максимальному упрощению и к применению минимума коммутационных аппаратов. Такие подстанции надежнее и экономичнее. Упрощению схем способствует применение автоматики (АВР, АПВ), что позволяет быстро и безошибочно осуществлять резервирование отдельных элементов и электроприемников.

При проектировании трансформаторных подстанций промышленных предприятий всех напряжений принимают во внимание следующие основные положения:

преимущественное применение одной системы шин и применение двух систем шин лишь при необходимости обеспечения надежного и экономичного электроснабжения;

широкое применение «блочных схем» и «бесшинных подстанций»;

обоснованное применение автоматики и телемеханики; если при сооружении подстанций не предусматривается автоматизация или телемеханизация, то схема соединений строится таким образом, чтобы в дальнейшем эти мероприятия возможно было осуществить без значительных затрат и переделок;

применение простых и дешевых аппаратов — отделителей, короткозамыкателей, выключателей нагрузки, предохранителей с учетом их коммутационной способности в некоторых случаях значительно уменьшает потребность в дорогих и дефицитных масляных, вакуумных, электромагнитных и воздушных выключателях. Схемы соединения подстанций и РП выполняют таким образом, чтобы питание электроприемников каждого технологического потока производилось от отдельных трансформаторов, сборок линий для возможности отключения их одновременно с механизмами без нарушения работы соседних технологических потоков.

При разработке схем соединения подстанции очень важно правильно выбрать и установить коммутационные аппараты (выключатели, разъединители, токоограничивающие аппараты-реакторы, разрядники, предохранители высокого напряжения). При этом исходят из назначения подстанции, ее мощности и ответственности.

### **§ 5-2. Последовательность работ по монтажу подстанций**

Подготовка монтажа подстанций (ПС) и распределительных устройств (РУ) включает целый ряд технических и организационных мероприятий, к числу которых относятся: составление проекта производства работ (ППР) или привязка типового ППР; приемка помещения подстанции от строительной организации для производства монтажа; приемка от заказчика подлежащих монтажу электрооборудования, аппаратов, приборов и кабельной продукции; заготовка и сборка в мастерских монтажных заготовок узлов и блоков ошиновки, заземления, электропроводок, трубных заготовок, щитов и щитков, а также изготовление нестандартных крепежных и опорных конструкций и деталей; комплектация в конструкторы необходимых для монтажа материалов, изделий и конструкций для транспортировки на подстанцию.

Подготовку монтажа ПС и РУ начинают с рассмотрения рабочих чертежей проекта, проверяя их соответствие требованиям индустриального монтажа и передовой технологии работ; при этом проверяют наличие строительных заданий на каналы, ниши, отверстия для шин и аппаратов проходного типа; на монтажные проемы и закладные приспособления для такелажных работ и на устройство заземлителей. Проверяют также наличие чертежей или эскизов на монтажные узлы и блоки (ошиновки, заземления, освещения и др.), а при отсутствии их — возможность группировки разрозненных аппаратов и изделий в укрупненные блоки.

При приемке помещения ПС от строительной организации проверяют соответствие строительной части проекту и СНиП, ее готовность к монтажу электрооборудования, наличие монтажных проемов, закладных деталей для крепления электрооборудования и производства такелажных работ, проверяют ширину проходов, расстояния от подлежащего установке оборудования до стен и ограждений, а также другие габаритные размеры и расстояния, регламентированные ПУЭ. Монтаж ПС выполняют в две стадии: первая — в процессе сооружения помещения ПС, одновременно со строительными работами; вторая — после завершения основных строительных и отделочных работ и приемки по акту помещения под монтаж.

На первой стадии выполняют все подготовительные и заготовительные монтажные работы: в мастерских, вне зоны монтажа — комплектование электроконструкций, узлов и блоков, их укрупненная сборка; непосредственно на объекте — установка

опорных конструкций, закладных деталей для монтажа щитков, отдельно стоящих панелей, аппаратов; монтаж внутренней сети заземления и подготовка трассы для общего освещения; установка кабельных конструкций в камерах и отрезков труб для ввода и вывода кабелей.

При правильной организации работ опорные конструкции или закладные детали устанавливаются при сооружении здания, что исключает трудоемкие пробивные работы. Для крепления аппаратов и сборных конструкций применяют металлические и пластмассовые дюбели. Отдельные опорные детали, установочные изделия, коробки закрепляют методом приклеивания. Производительным является способ забивки дюбелей пистолетом и пиротехнической оправкой, так как крепление производится за одну операцию, без подготовки отверстий.

В т о р а я с т а д и я проводится после окончания отделочных работ и приемки помещения под монтаж — это установка комплектных распределительных устройств, щитов, пультов и силового трансформатора; монтаж блока ошиновки трансформатора; прокладка силовых и контрольных кабелей, сети освещения по подготовительным трассам, разделка и подсоединение кабелей и проводов.

Монтаж подстанции выполняется комплексной или специализированными бригадами. Комплексная бригада осуществляет полный монтаж ПС и состоит из специализированных звеньев — по установке и регулировке электрооборудования, по ошиновке, по монтажу вторичных цепей, а также из электромонтажников, овладевших смежными специальностями, чтобы бригада могла полностью осуществить своими силами весь комплекс работ. Такая форма организации труда соответствует бригадному подряду и является весьма прогрессивной. Специализированные бригады выполняют отдельные виды работ по нарядам и не заинтересованы в осуществлении всего комплекса работ. Такая форма организации труда менее прогрессивна.

Одним из передовых методов труда и повышения уровня механизации при производстве электромонтажных работ является создание комплексных и специализированных бригад, оснащенных мастерскими на автомобилях и автоприцепах. Передвижные специализированные мастерские создают для разных видов электромонтажных работ, в том числе и для монтажа электрооборудования подстанций.

Внедрение механизированных бригад, оснащенных специальными автомобилями и передвижными мастерскими, обеспечивает рост производительности труда и повышение культуры производства, создает лучшие условия труда и быта для рабочих бригады.

Каждая мастерская имеет необходимый монтажный инструмент, приборы и приспособления для производства работ на подстанциях — сварочный трансформатор, преобразователь частоты, полуавтомат ранцевый ПРМ-4, электросверлилки, приспособление для ввертывания электродов заземления, трубогиб,

ножницы нескольких типов, инструмент для опрессования наконечников, домкрат, мегаомметр, инвентарные стропы, индивидуальные и бригадный набор инструментов подстанции и др.

Передвижные мастерские и специальные автомобили, оборудованные радиосвязью, позволяют осуществить оперативную связь с бригадами (рис. 5-1).

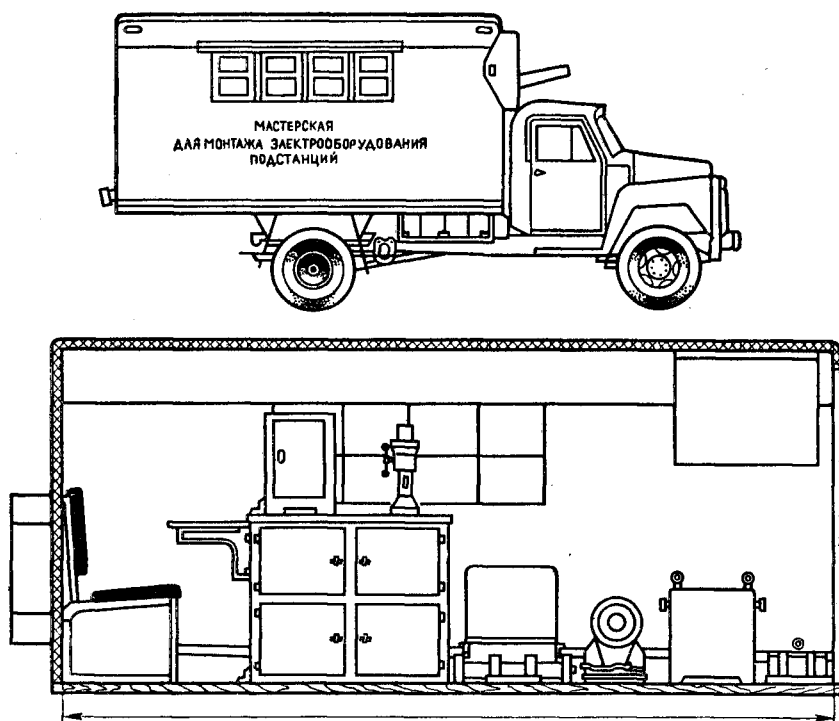


Рис. 5-1. Передвижная мастерская типа МЭА на автомобиле для монтажа подстанций

### § 5-3. Монтаж заземляющих устройств, изоляторов и ошиновки

**Заземляющие устройства.** Заземление подстанции и распределительных устройств включает в себя монтаж шин заземления внутри подстанции и наружного заземляющего контура (§ 1-4). Наиболее эффективными способами погружения заземлителей в грунт являются ввертывание вертикальных стержневых электродов с помощью приспособления с приводом от электросверлилки и вдавливание от привода автотягобура. Монтаж заземляющих проводников внутри помещений состоит из подготовки трассы и прокладки заземляющих проводников. Сначала размечают линии прокладки на высоте 400—600 мм от уровня пола, определяют места проходов, обходов и ответвлений, а также места креплений

(на прямых участках — на расстоянии 600—1000 мм друг от друга, а на поворотах — на расстоянии 100 мм от вершины угла поворота). Пробивают или сверлят отверстия для проходов сквозь стены и перекрытия, закладывают обои из листовой стали или обрезки труб, устанавливают крепежные детали, на которых закрепляют предварительно заготовленные шины заземления и соединяют их между собой сваркой.

После монтажа заземлителей составляют акт на скрытые работы и на чертежи наносят привязки заземляющих устройств к стационарным ориентирам. Прокладываемые в земле заземлители и заземляющие проводники окраске не подлежат.

На подстанциях заземляют все элементы электрооборудования и металлические конструкции. Силовые трансформаторы заземляют гибкой перемычкой, изготовленной из стального троса. Перемычку с одной стороны приваривают к заземляющему проводнику, с другой — присоединяют к трансформатору с помощью болтового соединения. Такое соединение имеют все аппараты, подверженные вибрации или частому демонтажу. Разъединители заземляют через раму, плиту привода и опорный подшипник; корпус вспомогательных контактов заземляют присоединением к шине заземления.

Если разъединители и приводы смонтированы на металлических конструкциях, то заземление выполняют путем приваривания к ним заземляющего проводника. Места установки изоляторов на металлических конструкциях зачищают до блеска и смазывают техническим вазелином. Выключатели высокого напряжения и приводы к ним заземляют путем присоединения заземляющего проводника к заземляющему болту на крышке, баке или раме выключателя, а также на корпусе привода. При установке выключателя или привода на стальной конструкции заземляющий проводник приваривают к опорной конструкции.

Предохранители на напряжение 6—10 кВ заземляют путем присоединения заземляющего проводника к фланцам опорных изоляторов, раме или металлической конструкции, на которой предохранители установлены. Разрядники надежно заземляют через чугунное основание (цоколь) или выходной зажим счетчика срабатывания, присоединяя заземляющий проводник к заземляющему болту основания каждой фазы непосредственно или через счетчик срабатывания.

При монтаже измерительных трансформаторов заземляют корпус трансформатора напряжения или корпус трансформатора тока. Кроме того, заземляют нулевую точку обмотки высокого напряжения (ВН) трансформатора напряжения, присоединяя медный гибкий провод к заземляющему болту на корпусе трансформатора. Нулевую точку или фазный провод обмотки низкого напряжения (НН) также крепят к заземляющему болту или заземляют на сборке зажимов. Закороченный зажим (неиспользованный) обмотки присоединяют к заземляющему болту трансформатора тока медным проводом.

Реакторы при горизонтальном расположении фаз заземляют путем присоединения заземляющих проводов к заземляющим болтам изоляторов. При вертикальном расположении фаз заземляют только опорные изоляторы нижней фазы. Заземляющие провода не должны образовать вокруг реакторов замкнутых контуров во избежание их перегрева. Примеры заземления отдельных аппаратов подстанций показаны на рис. 5-2.

В силовом трансформаторе с изолированной нейтралью заземляют кожух, обе направляющие, нейтраль обмотки НН при глухом заземлении и пробивной предохранитель обмотки НН. Металлические части щитов и пультов, изолированные от частей, находящихся под напряжением, соединяют с заземляющими проводниками, фундаментную раму приваривают к магистрали заземления не менее чем в двух точках. Каждую панель присоединяют к каркасу в двух-трех точках. Также заземляют камеры сборных распределительных устройств КРУ и КСО, комплектные трансформаторные подстанции КТП и т. д. Кроме того, заземляющий проводник приваривают к раме дверей и сетчатых ограждений.

Для присоединения временных переносных заземлений при ремонтных работах на заземляющих шинах устанавливают планки

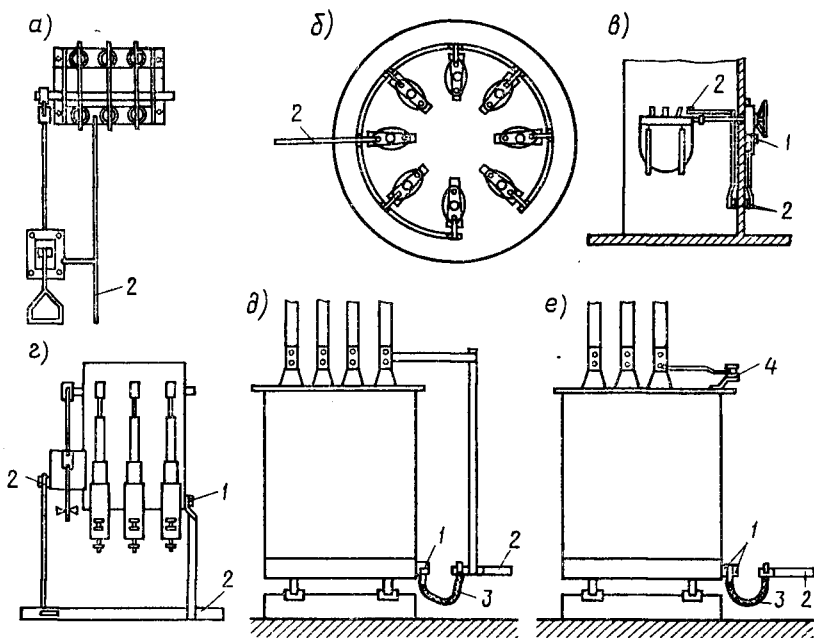


Рис. 5-2. Схемы заземления отдельных аппаратов подстанций:

*a* — разъединителя; *б* — реактора; *в* — бакового выключателя; *г* — маломасляного выключателя; *д* — силового трансформатора с глухозаземленной нейтралью; *е* — силового трансформатора с изолированной нейтралью; *1* — заземляющий болт; *2* — магистраль заземления; *3* — гибкая перемычка; *4* — пробивной предохранитель



или барашки, зачищенные до металлического блеска и смазанные вазелином. Места для наложения переносного заземления на шинах РУ оставляют неокрашенными. Отдельные элементы электрооборудования присоединяются к заземляющим проводникам параллельно, а не последовательно, так как при обрыве заземляющего проводника часть оборудования может оказаться незаземленной.

**Монтаж изоляторов.** Опорные и проходные изоляторы предназначены для электрической изоляции токоведущих частей друг от друга и от земли, а также для крепления шин к стенам, конструкциям и т. п. Каждый тип изолятора маркируется буквами и цифрами, указывающими назначение и характеристику изолятора по группе механической прочности на изгиб, напряжению и току (для проходных изоляторов). Например, проходной изолятор типа III-10/1000 - 750 ИХЛ-1; здесь цифры означают: 10 и 1000 — изолятор на напряжение 10 кВ, 1000 А; 750 — разрушающее усилие, Н; буквы ИХЛ-1 — климатические условия. Или II 10/1000 — проходной изолятор, фарфоровый, армированный для внутренней установки на 10 кВ и ток 1000 А. Проходной изолятор для КРУ имеет маркировку ПК.

До начала монтажа тщательно осматривают изоляторы, проверяют прочность армировки, состояние фарфора, отсутствие отбитых краев и сколов; поверхность изолятора очищают, а в проходных изоляторах, кроме того, поверхность токоведущего стержня или шины зачищают и смазывают техническим вазелином. Опорные изоляторы сначала устанавливают в крайних точках линии шин; между этими изоляторами натягивают шнур (или проволоку), а затем по шнуру устанавливают и выравнивают по высоте все изоляторы, подкладывая в случае необходимости под их основания толь или картон, а при установке на металлических конструкциях — листовую сталь. Прокладки не должны выступать за фланцы изоляторов. Фланцы изоляторов не должны быть «утоплены» в перегородках или стенах. При подаче на место монтажа изоляторы поднимают за фланец, а не за колпачки. После установки изоляторов проверяют и регулируют их положение в вертикальной, горизонтальной и наклонной плоскостях. Колпачки должны находиться в одной плоскости (во избежание добавочных напряжений от закрепляемых на изоляторах шин), допустимое отклонение  $\pm 2$  мм. Оси всех стоящих в ряду опорных или проходных изоляторов не должны отклоняться в сторону более чем на 5 мм. Положение колпачков изоляторов можно выверить с помощью рейки длиной 3—4 м.

Опорные изоляторы для прокладки по ним сборных шин часто устанавливают вместе со стальными крепежными конструкциями или в виде готовых укрупненных блоков с приложенными шинами, собранных в мастерских. Проходные изоляторы монтируют в той же последовательности, что и опорные, с некоторыми изменениями, зависящими от их особенностей (наличия токоведущего стержня и формы фланца).

Стальные плиты для установки проходных изоляторов на ток 1000 А и более составляют из двух половин, изолированных друг от друга немагнитными перемычками. В стыки между половинами плит помещают прокладки из немагнитного материала с отверстиями для прохода и крепления изоляторов. Это существенно снижает индукционные потери электроэнергии в стальных плитах. Линейные вводы устанавливают таким образом, чтобы наружная часть ввода была в положении, исключающем скопление в нем влаги и твердых осадков.

**Монтаж шин.** Технологические операции при выполнении ошиновки закрытых РУ и ПС включают: правку, резку, гнутье, монтаж контактных соединений. При отсутствии комплектных камер заводского изготовления работы по ошиновке для РУ цеховых ПС (обработка контактных поверхностей, сварка соединений, сверление для болтовых соединений и гнутье) выполняют в мастерских по эскизам, составленным по предварительным замерам. В ряде случаев применяют макетный способ заготовки узлов ошиновки.

Для монтажа шин на объекте в помещении распределительного устройства заканчивают все работы по установке опорных и проходных изоляторов и аппаратов: на металлоконструкциях (рис. 5-3, а); на штырях (рис. 5-3, б); на сквозных болтах (рис. 5-3, в). Проходные изоляторы, рассчитанные на токи 1500 А и более, укрепляют на железобетонной плите или рамах из угловой стали. Крепление шинодержателя или шины винтом к металлической головке изолятора выполняют так, чтобы конец крепящего винта не упирался в фарфоровую часть изолятора. Алюминиевые и медные шины на изоляторах устанавливают и крепят различными способами в зависимости от количества шин в каждой фазе. Для

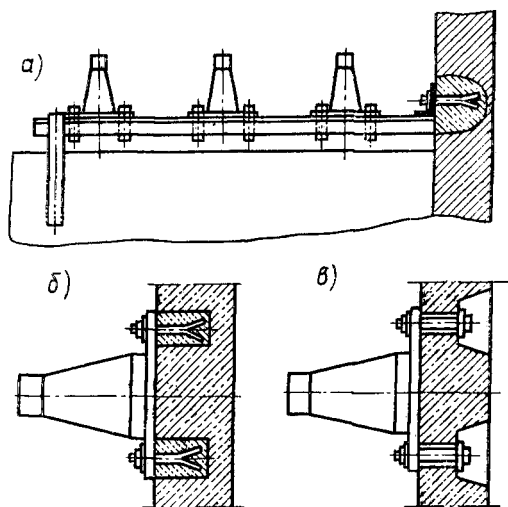


Рис. 5-3. Схемы крепления опорных изоляторов

установок, работающих на большие токи, обычно применяют многополосные шины, блоки шин и шинопроводы, заранее изготовленные в мастерских.

В однополосных шинах, укрепляемых на головках изоляторов, делают овальные вырезы для компенсации изменения длины шины при нагревании ее током, а при креплении многополосных шин между верхней планкой шинодержателя и пакетом шин оставляют зазор в 1,5—2 мм. Шины вследствие нагрева изменяют свою длину. Эти изменения тем больше, чем больше длина шин, поэтому на длинных участках ошиновки (более 20—30 м) устанавливают компенсаторы. В середине такого участка на одном шинодержателе выполняют жесткое крепление; на остальных шинодержателях шины крепят свободно с указанным зазором.

Угол в ошиновке также является своего рода компенсатором, поэтому при присоединении шин к выводам аппарата делают специальные изгибы (если они отсутствуют), а при больших сечениях полос ставят компенсаторы. Это необходимо для того, чтобы тяжение от шин не передавалось на выводы изоляторов и не привело к повреждению фарфоровой изоляции или нарушению герметичности аппарата. В присоединениях к аппаратам гибких шин допускается усилие тяжения, создаваемое только массой гибкой шины.

Контактные соединения жестких шин при монтаже современных ПС и РУ выполняют преимущественно электросваркой, иногда используют болты и сжимы. Для соединения гибких шин и присоединения их к аппаратам применяют болтовые и прессуемые зажимы. Болтовые соединения жестких шин внахлестку с помощью сквозных болтов или сжимных накладок (плит) используют только в случае присоединения к аппаратам или в местах, где необходим разъем шин. В остальных случаях, как правило, применяют сварку.

Болтовое соединение применяют только для шин, выполненных из однородных, медно-алюминиевых переходных пластин. Болтовые соединения стальных шин с алюминиевыми не допускаются. Сварные соединения жестких шин выполняют электродуговой сваркой на постоянном или переменном токе. Сварку на постоянном токе применяют для соединения алюминиевых шин толщиной до 20 мм и медных шин толщиной до 10 мм. Сварку производят с помощью угольно-графитированного электрода с использованием флюса (50 % хлористого калия, 30 % хлористого натрия и 20 % криолита) для алюминиевых шин и флюса на основе плавенной буры для медных шин, а также присадочных прутков из того же материала, что и соединяемые шины. Источниками питания при сварке служат сварочные агрегаты и преобразователи типа ПС-300, ПСО-300, ВД-301 (ток до 300 А), ПС-500, ВДУ-500 (ток до 500 А); ПСМ-1000, ВКСМ-1000 (ток до 1000 А); ВДМ-1601 (ток до 1600 А) и ВДМ-3001 (ток до 3000 А).

На переменном токе сваривают алюминиевые шины толщиной до 10 мм. В этом случае источниками питания служат сварочные трансформаторы типов СТЭ-34, ТЭС-300, ТД-301, ТС-500, ТД-503,

а также сварочные полуавтоматы ПРМ-2 и ПРМ-4. Флюсы, присадку и электроды при сварке применяют те же, что и при постоянном токе. Однако при сварке на постоянном токе достигается более высокая производительность труда и качество шва.

Способ присоединения жестких алюминиевых шин к зажимам аппаратов выбирают в зависимости от конструкции зажима. Сложность состоит в том, что контактные части аппаратов, как правило, выполняют из меди. Если аппарат имеет несколько контактных столбов, то алюминиевые шины крепят непосредственно к выводам. Если имеется один болт на фазу, то применяют медно-алюминиевую пластину, которую и присоединяют к аппарату. В последнее время заводы электротехнической промышленности начали изготавливать специальные зажимы для присоединения алюминиевых шин. Например, у нового малообъемного (горшкового) выключателя марок ВМГ-10, ВМП-10 и других аппаратные выводы выполнены из алюминиевого сплава и имеют противокоррозионное защитное покрытие. Зачистка таких контактных поверхностей напильником или наждачной бумагой недопустима (можно повредить покрытие). Если необходима очистка, то ее осуществляют с помощью растворителей (бензин, спирт):

Гибкие шины к плоским контактным выводам аппаратов присоединяют с помощью болтовых зажимов, изготовляемых для медных проводов из сплава меди, а для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов — из сплава алюминия или с помощью прессуемых ответвительных зажимов. В последнее время шины к аппаратам (например, к реакторам) присоединяют сваркой. Шины распределительных устройств после монтажа окрашивают ровным слоем эмали или масляной краской.

#### **§ 5-4. Монтаж разъединителей, выключателей нагрузки, масляных выключателей и приводов**

**Монтаж разъединителей.** Разъединители предназначены для отключения и включения под напряжением участков электрической цепи или отдельных аппаратов при отсутствии нагрузочных токов. Это коммутационный аппарат с видимым местом разъединения в воздухе. Видимый разрыв цепи при отключенных разъединителях наглядно подтверждает возможность безопасного приближения к отсоединенным частям электроустановки. При условиях, определенных ПУЭ и ПТЭ, допускается включение и отключение разъединителями зарядных токов воздушных и кабельных линий, тока холостого хода трансформаторов и токов небольших нагрузок.

Разъединители разделяются по числу полюсов — одно- и трехполюсные; по типу установки — внутренней и наружной установки; по номинальному напряжению и току; по способу управления — ручное и дистанционное от постороннего источника тока; по наличию или отсутствию заземляющих ножей. Для комплектования РУ и ПС на напряжение 6—10 кВ промышленных предприятий применяют однополюсные разъединители РВО и трехполюсные

разъединители РВ для внутренней установки. Разновидностью последних являются разъединители РВЗ и РВФ. Обозначения в марках разъединителей: Р — разъединитель, В — высоковольтный, О — однополюсный, З — с заземляющими ножами, Ф — фигурное исполнение; цифры обозначают номинальное напряжение (кВ) и номинальный ток (А); если в типовом обозначении имеется буква Т, она указывает климатическое исполнение (тропическое).

Применяются и некоторые другие типы разъединителей с повышенной динамической стойкостью.

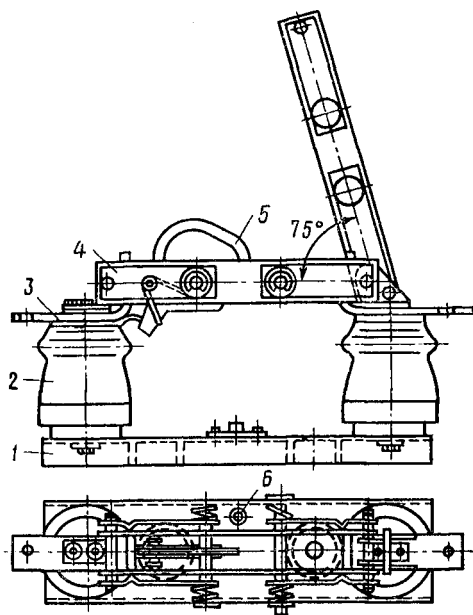


Рис. 5-4. Схема однополюсного разъединителя РВО на ток 400—600 А и напряжение 6—10 кВ

Однополюсный разъединитель РВО показан на рис. 5-4. Он состоит из токопровода — двух одинаковых неподвижных контактов 3 и соединяющего их подвижного контактного ножа 4, малогабаритных опорных изоляторов 2, на которых смонтирован токопровод и металлические цоколи 1, основания для установки изоляторов и для крепления разъединителя; на цоколе предусмотрен болт заземления 6. В конструкции разъединителя РВО предусмотрена еще одна деталь — зацеп с ушком 5, который предназначен для запираания ножа во включенном положении и для управления разъединителем. Зацеп исключает самопроизвольное открытие ножа под влиянием собственной массы, сотрясений и воздействия электромагнитных сил.

Трехполюсный разъединитель РВ показан на рис. 5-5. Он состоит из следующих частей: стальной рамы 1; шести опорных изоляторов 13, на которых укреплены медные угольники 12, являющиеся стойками неподвижных контактов; медных ножей 6; пружин 7 и стальных накладок 8; оси 9, на которой вращается нож, закрепленный в контактной стойке 5; вала 4 с приваренным рычагом 3 для сочленения с приводом и тремя рычагами 14 для соединения с ножами полюсов, фарфоровыми тягами 11; упора для ограничения угла поворота ножей 2 и болта заземления 10.

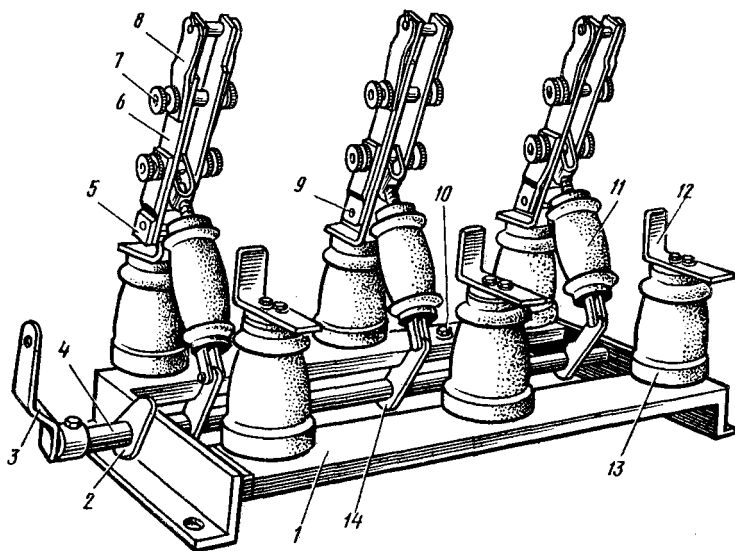


Рис. 5-5. Трехполюсный разъединитель РВ-10/600

Стальные накладки на размыкающихся концах ножей являются электромагнитным замком вместо механического запирающего устройства. При больших токах они притягиваются друг к другу и, сжимая медные пластины ножа, усиливают давление в контактах. В зависимости от номинального тока разъединителя его ножи состоят из одной, двух или нескольких медных полос. Контактный нож, вращающийся на оси, выполнен из двух полос, охватывающих неподвижные контактные стойки. Давление в контактах создают пружины. Упорная пластина ограничивает открытие ножа при отключении.

При включении и отключении разъединителя ножи трех полюсов поворачиваются фарфоровыми тягами, которые шарнирно соединены с одной стороны с ножами, а с другой — с рычагами на валу. Приводной рычаг на валу соединяет разъединитель с его приводом. Для управления трехполюсными разъединителями на напряжение 6—10 кВ на подстанциях и РУ промышленных пред-

приятый применяют ручные рычажные приводы, например ПР нескольких модификаций, имеющих в основном одинаковое устройство, но разные размеры деталей и рукояток.

Управление однополюсными разъединителями осуществляют специальной штангой из изоляционных материалов, имеющей на одном конце металлический крючок для зацепления за ушко контактного ножа. Открытие ножа на угол до  $75^\circ$  ограничивается упорами. При необходимости дистанционного управления разъединителями применяют пневматические и электродвигательные приводы. Трехполюсные разъединители типа РВЗ имеют один или два вала с заземляющими контактами, укрепленными под основными неподвижными контактами. Между валами основных и заземляющих ножей предусмотрена блокировка. Заземляющие ножи включают отдельным приводом.

Ревизию разъединителей с приводами и устранение обнаруженных дефектов, как правило, производят в мастерской. Там же комплектуют опорные конструкции, крепежные детали и материалы, которые вместе с разъединителем и приводом транспортируют к месту установки. Разъединитель и привод устанавливают так, чтобы осевые линии, выверенные по отвесу и уровню, не отклонялись более чем на  $\pm 2$  мм.

После установки разъединителя и привода и соединения их тягой устанавливают еще одну деталь — тягоуловитель. При поломке или обрыве трубчатой тяги или соединительных звеньев передач тягоуловитель предотвращает падение тяги на токоведущие части. Тягоуловитель изготовляют из проволоки диаметром 6—8 мм или из полосовой стали в виде овального кольца, внутри которого свободно перемещается тяга; в случае обрыва она не может коснуться токоведущих частей.

Завершающей операцией при монтаже разъединителей является их регулировка. При этом проверяют и регулируют следующее: центровку ножей и правильность их вхождения в неподвижные контакты; угол поворота ножей при отключении; одновременность включения ножей трехполюсных разъединителей; плотность прилегания контактов; давление контактных пластин на ножи разъединителя; работу привода и сигнальных контактов. Проверяют также действие ограничительных устройств привода.

В процессе регулировки привода добиваются, чтобы включенное и отключенное положение разъединителя и привода соответствовали друг другу — при верхнем положении рукоятки рычажного привода разъединитель должен быть включен, при нижнем — отключен. В обоих крайних положениях привод запирается защелкой. Регулировку считают законченной, если для включения и отключения разъединителя достаточно усилий руки одного человека.

Сигнальные контакты КСА, служащие для замыкания и размыкания блокировочных цепей, цепей сигнальных ламп и других вспомогательных электрических цепей, регулируют изменение положения рычагов на валике КСА и на приводе разъединителя;

контакты КСА предназначены для установки с выключателями и разъединителями и имеют в зависимости от назначения от 2 до 12 цепей.

**Монтаж выключателей нагрузки.** Выключатели нагрузки или разъединители мощности предназначены для отключения токов нагрузки в электроустановках небольшой мощности на напряжение 6—10 кВ в нормальном режиме. От трехполюсных разъединителей для внутренней установки они отличаются пристроенными дугогасительными камерами с газогенерирующими вкладышами из органического стекла для гашения маломощной дуги, возникающей при отключении тока нагрузки в несколько сотен ампер.

Под действием высокой температуры электрической дуги, образующейся при размыкании контактов выключателя, органическое стекло выделяет газы, образующие под давлением интенсивный поток, который гасит дугу. Если выключатели нагрузки снабжены пристроенными к ним высоковольтными кварцевыми предохранителями, то они служат и для защиты от токов к. з. В типовом обозначении наличие предохранителей указывается буквой П; например, выключатель нагрузки типа ВН-16 не имеет предохранителей, а типа ВНП-16 снабжен предохранителями.

Выключатель нагрузки ВНП-17 отличается от ВНП-16 наличием устройства для автоматического отключения при перегорании вставок предохранителя любой фазы. Наличие заземляющих ножей обозначается буквой З. На рис. 5-6, а показаны выключатели нагрузки ВН-16. На сварной из угловой стали раме 1 установлены шесть фарфоровых изоляторов 2, на которых закреплены главная контактная система и дугогасительные камеры 3. На трех нижних

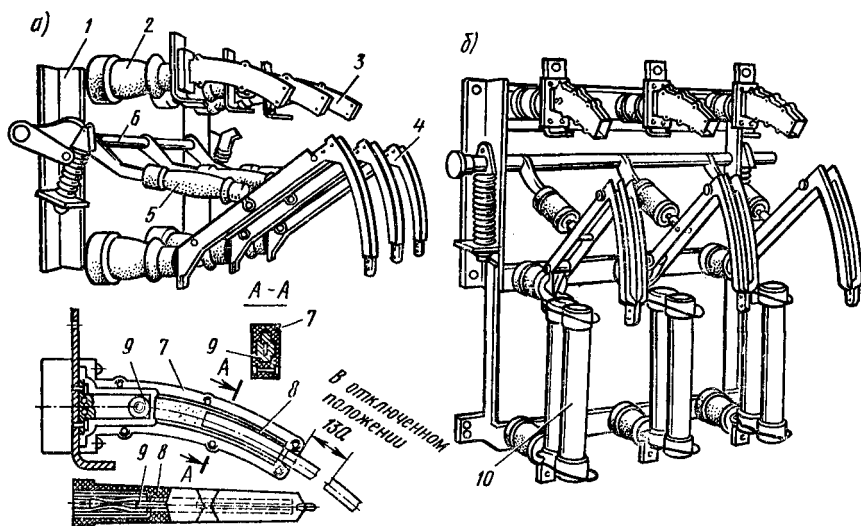


Рис. 5-6. Выключатели нагрузки:

а — ВН-16; б — ВНП-16



изоляторах в осевых контактах расположены оси вращения подвижных контактных ножей 4 с пружинами, обеспечивающими необходимое контактное давление. На трех верхних изоляторах закреплены разъемные контакты и дугогасительные камеры.

Фарфоровые тяги 5 служат для соединения ножей с валом 6 выключателя через приваренные к нему рычаги. На валу также закреплены по две отключающие пружины с каждой стороны и по одному резиновому буферу. Пружины обеспечивают необходимую скорость отключения после освобождения механизма свободного расцепления привода, а буферы смягчают удар при отключении, ограничивая угол поворота вала. К раме выключателя прикреплены ножи заземления с помощью боковых пластин. Со стороны, противоположной ножам заземления, на раме устанавливается на болтах полурама (скоба) с предохранителями. К контактным ножам выключателя, называемым главными (в отличие от дугогасительных), стальными держателями прикреплены гасительные ножи, имеющие форму полос, изогнутых по дуге окружности.

Дугогасительная камера изготавливается из пластмассы и состоит из двух щек 7, стянутых винтами. Внутри корпуса камеры имеются два вкладыша из органического стекла 8 и два неподвижных контакта 9. Дугогасительные ножи входят в пазы дугогасительных камер. Форма паза в камере соответствует форме дугогасительного ножа.

Контактная система устроена так, что при включении сначала замыкаются дугогасительные контакты, так как дугогасительный нож имеет большую длину, а при отключении сначала размыкаются главные контакты и затем дугогасительные. Замыкание и размыкание главных контактов происходят в воздухе, а размыкание дугогасительных контактов происходит в камерах. Выключатель ВМП-16 (рис. 5-6, б) имеет предохранители 10, которые сгорают при коротком замыкании.

Управление выключателями нагрузки осуществляют: ручным приводом ПР-17; ручным автоматическим приводом ПРА-17, с помощью которого можно отключать привод выключателя, и дистанционно имеющимся в нем электромагнитом отключения; электромагнитными приводами, которые обеспечивают ручное или дистанционное включение и дистанционное или автоматическое отключение привода выключателя.

Выключатели нагрузки устроены аналогично трехполюсным разъединителям внутренней установки, поэтому ревизию, установку и регулировку выключателей нагрузки производят теми же методами, что и разъединителей. Дополнительной операцией является ревизия дугогасительной камеры, предохранителей и механизма автоматического отключения при перегорании предохранителя (у выключателей нагрузки ВМП-17).

Установка выключателя нагрузки допускается только в вертикальном положении на стене или на специальной конструкции. Раму выключателя сначала подвешивают на двух болтах и выверяют по уровню и отвесу, определяют толщину необходимых проклад-

док и места их установки, затем приступают к попеременной затяжке болтов, одновременно следя за правильным попаданием ножей в горловины дугогасительных камер. После окончательной затяжки крепежных болтов нужно еще раз убедиться в правильном вхождении ножей в камеры.

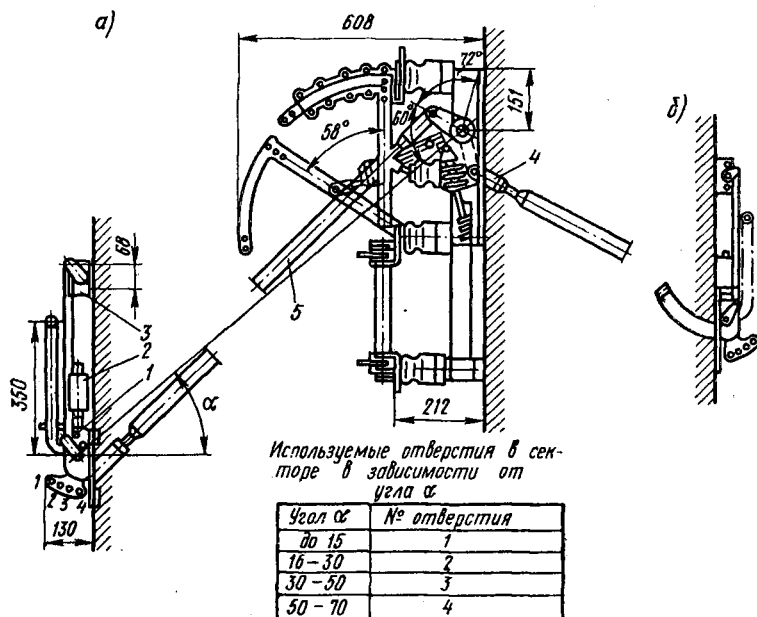


Рис. 5-7. Установка выключателя нагрузки с приводом ПРА-17:

а — привод с лицевой стороны выключателя; б — привод за выключателем нагрузки; 1 — привод; 2 — электромагнит отключения; 3 — контакты КСА; 4 — вилка; 5 — тяга

Все сочленения с приводом выполняют так же, как и при монтаже разъединителей. На рис. 5-7 показана установка выключателя нагрузки с приводом ПРА-17. После установки на место выключателя и закрепления рамы проверяют отсутствие перекосов и нарушения центровки ножей и обеспечения последовательности включения и отключения главных и дугогасительных контактов. Регулировку полного вхождения в гасительные камеры производят путем изменения длины тяги. Опробование выключателя нагрузки производят путем 25 включений и отключений, после которых не должно наблюдаться нарушения регулировки работы выключателя с приводом.

**Монтаж масляных выключателей.** Оперативное включение и отключение электрооборудования или отдельных аппаратов распределительных устройств и подстанций, а также их автоматическое отключение под нагрузкой и при нарушении установленного режима работы (короткое замыкание и перегрузки) осуществляются

масляными выключателями. Различают два вида масляных выключателей — многообъемные (баковые) и малообъемные (горшковые).

Подстанции и распределительные устройства на напряжение до 10 кВ промышленных предприятий комплектуются малообъемными

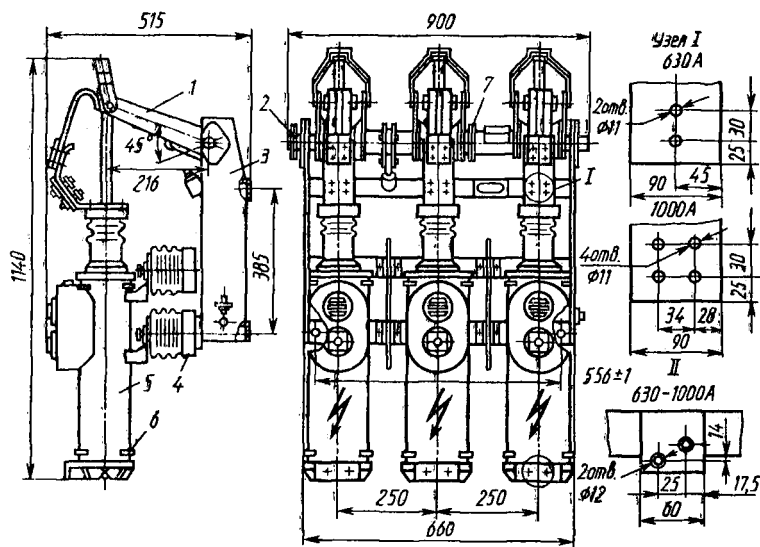


Рис. 5-8. Общий вид выключателя ВМГ-10:

1 — изолирующие рычаги; 2 — рычаг бокового присоединения; 3 — рама; 4 — опорный изолятор; 5 — цилиндр (полюс); 6 — съемная крышка; 7 — рычаг среднего присоединения

(горшковыми) выключателями типов ВМГ-10, ВМП-10 и др., имеющими малые габариты и массу; их контакты облицованы дугостойкой металлокерамикой, что значительно увеличивает срок службы; дугогасительные устройства легко доступны для осмотра и ревизии; после осмотра не требуется повторная регулировка; выводы допускают непосредственное присоединение алюминиевых шин.

Основными частями выключателя ВМГ-10 (рис. 5-8) являются полюсы (цилиндры) и приводной механизм. На стальной сварной раме — основании установлены шесть опорных изоляторов, на которых укреплены цилиндры (на двух изоляторах — один цилиндр). Внутри рамы расположен приводной механизм, состоящий из вращающегося в подшипниках горизонтального вала с рычагами отключающих пружин, масляных и пружинных буферов.

Назначение рычагов вала — их шарнирная связь с перемещающимися в направляющих контактными стержнями для среднего присоединения привода и для связи с буферными устройствами. Цилиндры выключателей на ток 600 А выполнены из стали с немагнитным швом, а на ток 1000 А — из латуни. Внутри полюса

расположены изоляционные цилиндры и между ними дугогасительная камера, создающая при отключении поперечно-продольное масляное дутье. На нижней съемной крышке цилиндра закреплен неподвижный розеточный контакт, а на верхней крышке — проходной изолятор с бакелитовой трубкой внутри, служащие направляющими для подвижного контактного стержня и изоляцией для него от металлического цилиндра. Подвижной контакт состоит из стержня, колочки и гибкой связи; в нижней части стержень имеет наконечник, облицованный дугостойкой металлокерамикой. В верхней части проходного изолятора имеется уплотнение, предотвращающее выброс газов и масла из цилиндра при отключении.

Выключатель ВМП-10 изготовляют в двух исполнениях: ВМП-10 для стационарных распределительных устройств (камеры КСО) и ВМП-10К для комплектных распределительных устройств (КРУ) с ячейками выкатного типа. У выключателя ВМП-10 в отличие от ВМП-10К расстояние между цилиндрами меньше и имеются изоляционные перегородки. Выключатель ВМП-10 (рис. 5-9) смонтирован на сварной раме. Внутри рамы расположен приводной механизм, который передает движение от привода подвижным контактам выключателя и состоит из приводного вала с рычагами, отключающих пружин и масляного и пружинного приводов. К раме на изоляторах подвешены три полюса выключателя. Для повышения стойкости контактов против действия электрической дуги и увеличения срока их службы схемный наконечник подвижного контакта и верхние торцы пластин розеточного контакта облицованы дугостойкой металлокерамикой.

Выключатель ВМП-10 поставляют в отрегулированном состоянии, без масла. Его установка сводится к укреплению рамы болта-

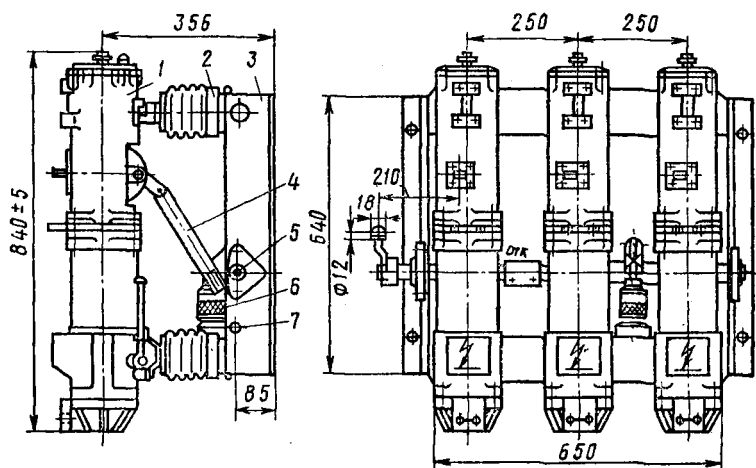


Рис. 5-9. Выключатель ВМП-10:

1 — полюс; 2 — изолятор; 3 — рама; 4 — изоляционная тяга; 5 — приводной вал; 6 — масляный буфер; 7 — болт заземления

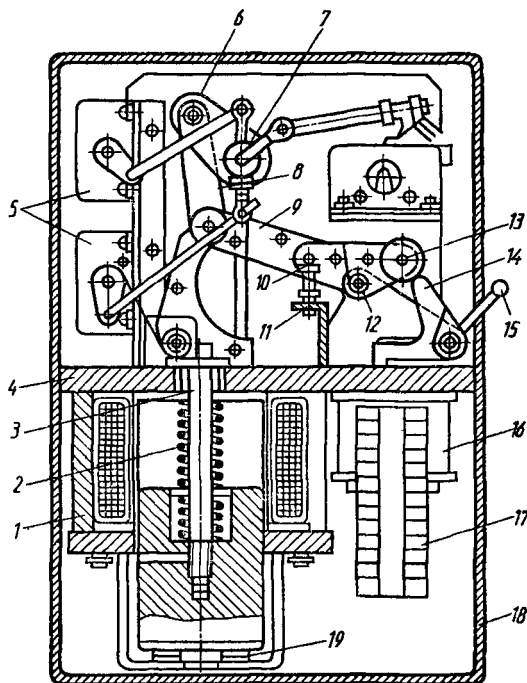
ми на основе, проверке вертикальности аппарата и соединения выключателя с приводом и токоведущих частей с шинами РУ. При ревизии после монтажа и в эксплуатации выключатель осматривают и проверяют состояние его внутренних частей. Для этого снимают с каждого полюса нижнюю крышку с неподвижным контактом, распорный цилиндр и, проверив состояние внутренних частей, вновь устанавливают снятые детали. Нижняя крышка должна плотно прилегать к фланцу. Выключатель заливают чистым и сухим трансформаторным маслом до уровня по маслоуказателю; при этом проверяют наличие и количество масла в буфере. Затем проверяют регулировочные данные выключателя: ход подвижных контактов 240—245 мм, одновременность замыкания и размыкания контактов.

**Монтаж приводов к выключателям.** Управление выключателями осуществляется приводами нескольких типов: ручными, электромагнитными, пружинными и грузовыми. Каждый привод снабжен включающим, запирающим и удерживающим механизмами. Приводы оборудованы устройствами для автоматического отключения при нарушении режимов работы, а также устройствами ручного или дистанционного управления выключателями и сигнально-блокировочными контактами.

Для управления указанными выше выключателями применяют приводы: электромагнитный ПЭ-11 и пружинный ПП-67 для ВМГ-10; электромагнитный ПЭ-11 и пружинный ППМ-10 для ВМП-10. Привод ПЭ-11 (рис. 5-10) прямого действия на напряжение 110 или 220 В постоянного тока. Замыкание и размыкание цепи электромагнита осуществляют контактором. Привод приспособлен как для дистанционного, так и для ручного отключения.

Рис. 5-10. Электромагнитный привод ПЭ-11:

1 — включающий электромагнит; 2 — отталкивающая пружина; 3 — шток; 4 — основание; 5 — вспомогательные контакты; 6 — рычаг; 7 — главный вал; 8, 9 — звенья; 10 — ось; 11 — ограничительный винт; 12 — ось; 13 — отключающий ролик; 14 — отключающий рычаг; 15 — рычаг ручного включения; 16 — отключающий электромагнит; 17 — зажимы; 18 — защитный кожух; 19 — буферное устройство



Приводы для рассматриваемых масляных выключателей поступают на монтаж в собранном и отрегулированном виде. Монтаж малообъемных выключателей и приводов производят в мастерских, где их подвергают ревизии и предварительной регулировке. Одновременно в мастерских по рабочим чертежам комплектуют и изготавливают опорные и крепежные конструкции и соединительные детали, необходимые для установки и сопряжения выключателей с приводами. Готовые аппараты в комплекте с деталями доставляют на монтажную площадку для установки. На месте монтажа привод крепят, соединяют с выключателем и проверяют в совместном действии.

Механизм привода осматривают в разных положениях, а также в процессе медленного включения и отключения от руки, при этом проверяют надежность работы всех устройств привода. Включающие, отключающие и запирающие устройства и механизмы свободного расцепления приводов выключателей, а также приводные механизмы, механизмы подвижных контактов, отключающие пружины и амортизирующие устройства выключателей должны свободно включаться и отключаться без заеданий и затирааний, не иметь перекосов и «слабины». Включающее устройство выключателя регулируют, чтобы подвижная часть включалась без жесткого и резкого удара, сжатие контактных пружин было нормальным, зацепление в приводе в конце хода включения происходило вполне надежно.

#### **§ 5-5. Токоограничивающие аппараты — предохранители высокого напряжения, реакторы и разрядники**

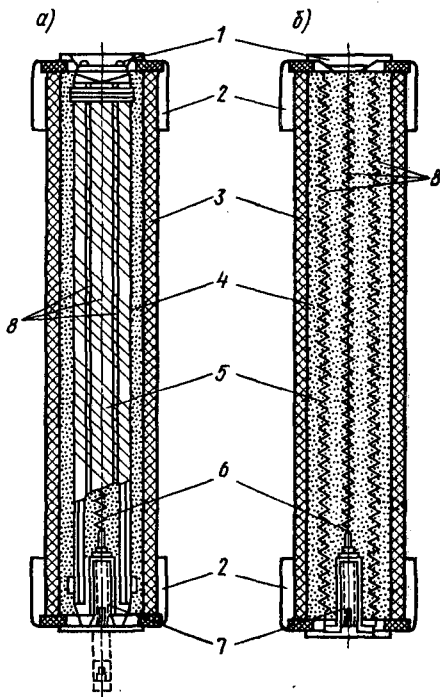
*Предохранители высокого напряжения* служат для защиты электроустановок небольшой мощности от токов к. з. и перегрузок. Они применяются для защиты силовых цепей (исполнение ПК — предохранитель с кварцевым заполнением) и для защиты цепей измерительных трансформаторов напряжения (исполнение ПКТ).

Предохранитель с кварцевым заполнением состоит из двух опорных изоляторов, установленных на металлическом цоколе; контактов, укрепленных на изоляторах; патрона, вставляемого в контакты. Патрон (рис. 5-11) представляет собой фарфоровую трубку, концы которой заармированы латунными колпачками — обоймами. Внутри патрона имеется плавкая вставка (припаянная к обоймам) из медных посеребренных проволок (у предохранителей ПКТ — константановая проволока).

Патроны предохранителей ПК снабжены указателями срабатывания. При коротком замыкании в цепи, защищаемой предохранителями, перегорает плавкая вставка и возникающая при этом дуга гасится за счет охлаждения ее песком и образовавшихся при испарении плавкой вставки паров металла, которые проникают между крупинками кварца, где они охлаждаются и конденсируются. Это приводит к быстрому гашению дуги. Одновременно перегорает предохранительная проволока и указатель срабатывания выталкивается пружиной наружу, поэтому указатель срабатывания позво-

Рис. 5-11. Патроны предохранителей ПК:

*а* — с плавкой вставкой на керамическом сердечнике; *б* — с плавкой вставкой, свитой в спираль; 1 — крышка; 2 — латунная обойма; 3 — фарфоровая трубка; 4 — кварцевый песок; 5 — плавкая вставка; 6 — указательная проволока; 7 — указатель срабатывания; 8 — шарик из олова



ляет быстро отыскать перегоревший патрон. Предохранитель срабатывает бесшумно и без выброса пламени. Предохранители ПК являются одновременно и токоограничивающими аппаратами, так как действуют очень быстро и разрывают цепь тока к. з. раньше, чем он успеет достичь своего максимального значения.

Предохранители монтируют на цоколе из швеллера или угловой стали и на стальной раме. Цоколь предохранителя или стальную раму устанавливают вертикально по разметке на болтах и выверяют по уровню и отвесу по основным осям. Гайки затягивают равномерно, наблюдая, чтобы оси изоляторов одной фазы строго совпадали по вертикали с продольной осью патрона и контактных губок с допуском  $\pm 0,5$  мм.

Перед монтажом предохранитель подвергают осмотру; при этом проверяют: состояние фарфоровых изоляторов и трубок, армировку изоляторов и патронов, исправность указателя срабатывания, целость плавкой вставки и ее соответствие номинальному току патрона и предохранителя, наличие надежного контакта между губками и патронами предохранителя, состояние стальных пружинящих скоб, контактных губок, ограничительных торцовых пластин.

При установке предохранителей необходимо, чтобы патроны входили в губки без перекосов, от усилия одной руки; указатели срабатывания были обращены вниз; замки предохранителей прочно удерживали патроны от выпадения при электродинамических ударах; контактные зажимы или губки плотно охватывали цилиндрическую головку или ножи патрона. Контактные поверхности губок и патронов зачищают и покрывают слоем технического вазелина. При встряхивании проверяют полноту и плотность засыпки кварцевого песка и отбраковывают предохранители, в которых слышен шум пересыпающегося песка.

*Реакторы* предназначены для ограничения токов к. з. в электроустановках и для сохранения уровня напряжения в сети. Конструктивно реактор состоит из медной (тип РБ) или алюминиевой (тип РБА) обмотки, бетонных колонок и опорных фарфоровых изоляторов. Монтаж реактора состоит из ревизии, установки и сушки (при необходимости). На место монтажа реактор доставляют в заводской упаковке. Перед установкой его освобождают от упаковки, очищают от пыли и стружек и подвергают тщательному осмотру для выявления дефектов, препятствующих нормальной работе реактора. Поврежденные изоляторы заменяют, погнутые витки обмотки выпрямляют; при этом изоляцию витков восстанавливают лакотканью и покрывают бакелитовым лаком. Подъем и установку фаз реактора производят с помощью швеллерной траверсы с тросовым захватом, соблюдая особую осторожность, чтобы не повредить обмотки или бетонные колонки (рис. 5-12).

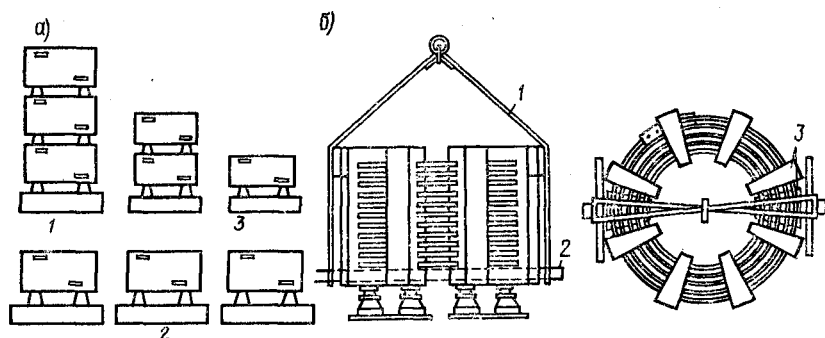


Рис. 5-12. Реактор типа РБА-10-600-6:

*а* — способы установки трехфазного комплекта реактора; 1 — вертикально; 2 — горизонтально; 3 — ступенчато; *б* — крепления стропов при подъеме; 1 — стальной трос; 2 — швеллер; 3 — деревянные прокладки

После установки реактор заземляют, а также подвергают испытаниям в соответствии с ПУЭ. Сопротивление изоляции обмоток не нормируется, но оно должно быть не менее 70 % заводских данных.

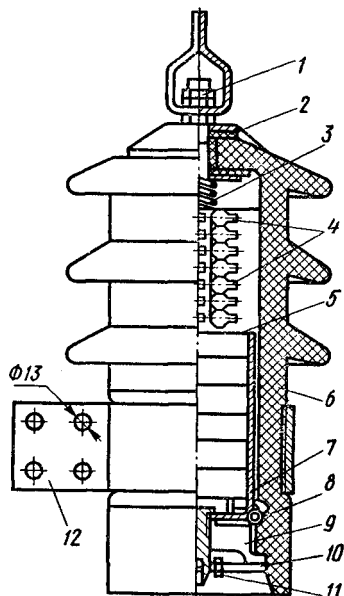
*Разрядники* предназначены для защиты изоляции электроустановки и ее электрооборудования от коммутационных и атмосферных перенапряжений. Перенапряжения на шинах РУ и ПС возникают при коммутационных (внутренних) изменениях схемы и режима работы установки, например при отключении цепей с большой индуктивностью или емкостью, при отключении короткого замыкания и других переключениях, и могут кратковременно достигать трех-четырёхкратного напряжения установки.

Защитное действие разрядника заключается в снижении амплитуды волны перенапряжения до пределов, безопасных для изоляции защищаемой электроустановки. При повышении напряжения до определенных пределов пробиваются искровые промежутки-разрядники и энергия перенапряжения отводится в землю.



Рис. 5-13. Разрядник РВП-10:

1 — ввод; 2 — прокладка из резины; 3 — пружины; 4 — искровые промежутки; 5 — колонка вилтовых дисков; 6 — фарфоровый кожух; 7 — внутренняя диафрагма; 8 — стопорная пружина; 9 — компаунд; 10 — наружная диафрагма; 11 — заземляющий болт; 12 — металлический хомут



На ПС напряжением 6—10 кВ применяются преимущественно вентильные разрядники типа РВП (рис. 5-13) (разрядник вентильный подстанционный). Разрядники после тщательного осмотра устанавливаются на опорные конструкции, выверяют по уровню и отвесу с подкладкой в необходимых случаях под цоколь отрезков из листовой стали и закрепляют на опорах с помощью хомута болтами. Части включенного в работу разрядника, кроме заземленного цоколя, находятся под напряжением; поэтому при монтаже его располагают так, чтобы была исключена возможность случайного прикосновения к разряднику.

### § 5-6. Монтаж трансформаторов тока и напряжения

Измерительные трансформаторы служат для понижения тока или напряжения первичной цепи электроустановки до значения, необходимого для питания катушек измерительных приборов, реле защиты и автоматики, приборов учета и сигнализации и других цепей. Подключение приборов и реле через измерительные трансформаторы надежно изолирует их от цепей высокого напряжения, чем обеспечивается безопасность обслуживания. Вторичные обмотки измерительных трансформаторов заземляют для защиты эксплуатационного персонала, а также для предотвращения повреждений приборов и реле, присоединенных к вторичной обмотке, в случае пробоя изоляции между обмотками (первичной и вторичной).

Измерительные трансформаторы подразделяют на трансформаторы тока и трансформаторы напряжения. Трансформаторы тока предназначены для питания токовых обмоток (последовательно включенных катушек) измерительных приборов и реле.

При монтаже подстанции в большинстве случаев применяют трансформаторы тока ТПОФ, ТПЛ (рис. 5-14), ТПОЛ, ТПФМУ, ТПФМ, данные которых приведены в справочниках и каталогах. Вторичную обмотку на трансформаторе при монтаже надежно изолируют от первичной, при этом вторичные обмотки, не присое-

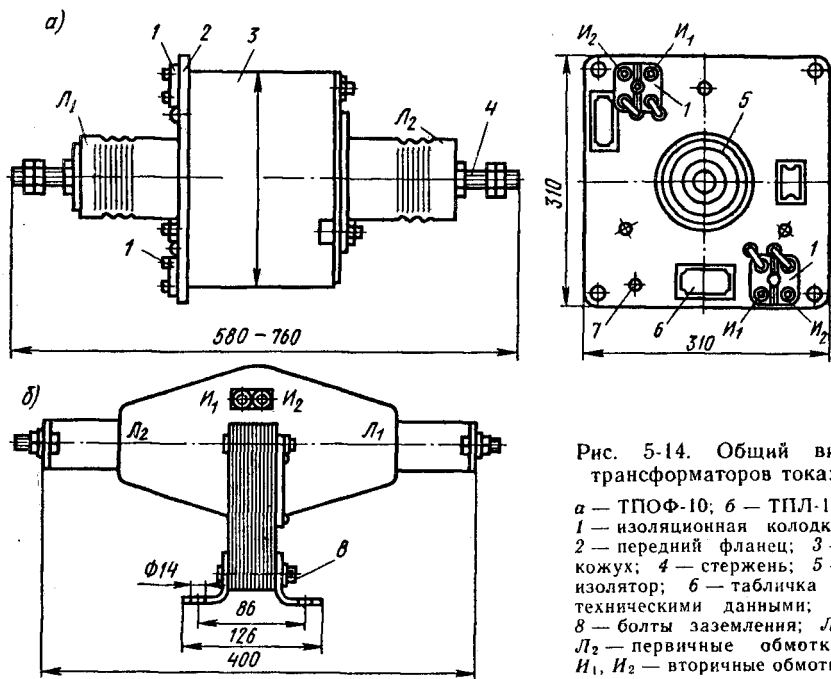


Рис. 5-14. Общий вид трансформаторов тока:

а — ТПОФ-10; б — ТПЛ-10; 1 — изоляционная колодка; 2 — передний фланец; 3 — кожух; 4 — стержень; 5 — изолятор; 6 — табличка с техническими данными; 7, 8 — болты заземления; Л<sub>1</sub>, Л<sub>2</sub> — первичные обмотки; И<sub>1</sub>, И<sub>2</sub> — вторичные обмотки

диненные к приборам, замыкают накоротко и заземляют непосредственно на зажимах трансформатора тока.

У принимаемых для монтажа трансформаторов тока в первую очередь осматривают фарфоровую изоляцию, токоведущий стержень или шины. К фарфоровой изоляции и армировке трансформаторов тока, принимаемых для монтажа, предъявляют те же требования, что и к фарфоровой изоляции и армировке опорных изоляторов. Кроме того, проверяют отсутствие повреждений кожуха, фланца и колодок вторичных выводов, имеются ли обозначения выводов и паспортная табличка.

Кроме внешнего осмотра все трансформаторы тока перед монтажом проверяют на отсутствие обрыва у вторичной обмотки, правильность маркировки выводов и других данных по ПУЭ, а также состояние изоляции обеих обмоток и исправность стального сердечника. В закрытых распределительных устройствах (ЗРУ 6—10 кВ) проходные трансформаторы тока часто применяют в качестве проходных изоляторов. Монтаж таких трансформаторов тока ведется по той же технологической схеме, что и монтаж проходных изоляторов.

Существуют различные варианты установки трансформаторов тока с проходными изоляторами. Если трансформаторы встраивают в проемы стен или межэтажных перекрытий, то между корпусом аппарата и торцовыми частями проема предусматривают зазоры 3—4 мм, чтобы заложить в зазор толевую прокладку, предохраняющую корпус трансформатора от коррозии

При установке трансформаторов в трехфазную цепь необходимо подбирать их с одинаковыми характеристиками. Такой подбор осуществляют на основании данных паспортных табличек трансформаторов и в соответствии со схемой заполнения РУ, где указано, в какой последовательности следует монтировать те или иные трансформаторы тока.

Выводы трансформаторов тока монтируют так, чтобы шины со стороны питания подходили к зажимам с пометкой Л<sub>1</sub>, а отходящие шины — к зажимам с пометкой Л<sub>2</sub>. В противном случае перемаркировывают. После того как трансформаторы тока закреплены, их вторичные обмотки и кожухи соединяют с заземлением. Выводы вторичных обмоток, если к ним не присоединяют измерительные приборы и реле, должны быть закорочены. Этим исключается возможность образования опасного напряжения на выводах и во вторичных цепях и предотвращается недопустимый нагрев сердечников трансформаторов.

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения измеряемого напряжения при его значении более 400 В до напряжения 100 В, необходимого для питания измерительных приборов, цепей автоматики, сигнализации и релейной защиты от замыканий на землю. Их изготовляют двух видов: сухие — с естественным воздушным охлаждением и масляные — с масляным заполнением.

Сухие трансформаторы напряжения типа НОСК предназначены для комплектации распределительных ящиков, заливаемых компаундом. Масляный трансформатор НОМ-6 показан на рис. 5-15.

Технические характеристики трансформаторов напряжения типов НОМ-10, НТМК-10, НТМИ-10, применяемые при монта-

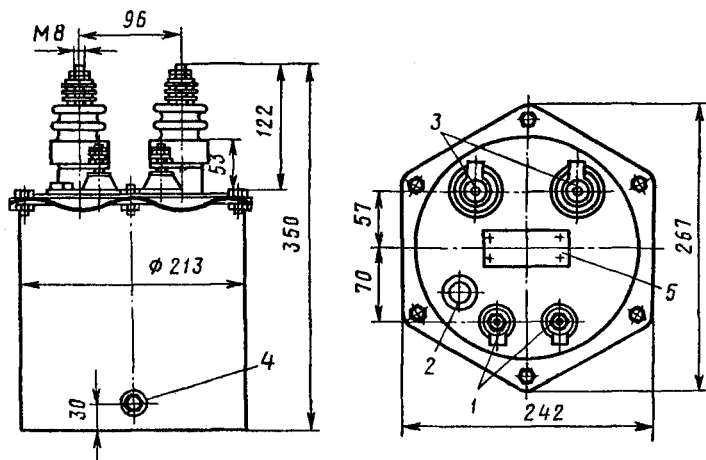


Рис. 5-15. Трансформатор напряжения НОМ-6:

1 — выводы вторичной обмотки; 2 — пробка; 3 — выводы первичной обмотки; 4 — болт заземления; 5 — заводская табличка

же в ЗРУ на 6—10 кВ, приведены в справочниках и каталогах.

Перед монтажом в трансформаторах напряжения проверяют уровень масла, исправность маслоуказателя и наличие паспортной таблички, отсутствие повреждений бака, течь масла между баком и крышкой или из-под фланцев выводов. При совмещении питания цепей измерения, защиты и автоматики применяют трансформаторы напряжения НТМИ-6-66 и НТМИ-10-66.

При электрических испытаниях трансформаторов напряжения измеряют сопротивления изоляции обмоток; определяют полярности выводов высшего и низшего напряжения и проверяют коэффициент трансформации. У маслонаполненных трансформаторов напряжения перед монтажом берут пробу масла, испытывая ее в объеме, предусмотренном ПУЭ.

При монтаже трансформаторов напряжения сначала устанавливают опорную конструкцию (если трансформатор не установлен непосредственно на бетонном полу); затем поднимают на рабочее место и устанавливают трансформатор и присоединяют заземление. Трансформатор устанавливают так, чтобы доступ к спускной пробке был со стороны коридора управления (расстояние от уровня пола до пробки должно быть не менее 200 мм) или предусматривают соответствующий приямок.

Опорные конструкции для трансформаторов напряжения могут быть разнообразного исполнения. Конструкцию для установки трансформатора НТМИ-10 изготавливают из угловой стали и закрепляют непосредственно на полу камеры. Нижний угольник вместе с основаниями стоек заливают бетонным раствором. В ряде случаев в проектах предусматривают установку в камере закрытого РУ подстанции четырех трансформаторов НОМ-10 на конструкции, изготовленной из угловой стали.

Эти трансформаторы поднимают на конструкцию блоком или талью. Во время установки трансформаторов их первичные зажимы «высокое напряжение» (ВН) должны быть закорочены и заземлены, а провода вторичной цепи «низкое напряжение» (НН) отсоединены, так как при случайном подключении к ним проводов осветительной или силовой сети на выводах первичной обмотки трансформатора появляется высокое напряжение.

Монтируя трехфазные трансформаторы напряжения, учитывают общий порядок чередования фаз, принятый в РУ. У однофазных трансформаторов вывод, имеющий маркировку X, заземляют. Если устанавливают три однофазных трансформатора, то все выводы X соединяют общей шиной и заземляют. Когда устанавливают два трансформатора напряжения и соединяют их в открытый треугольник, рабочую фазу со стороны НН заземляют только в том случае, если это предусмотрено проектом. Корпус каждого трансформатора присоединяют к заземляющему устройству отдельной шиной.

## § 5-7. Монтаж и испытания комплектных распределительных устройств и комплектных трансформаторных подстанций

**Комплектные распределительные устройства (КРУ).** Эти устройства разделяют по способу установки в них аппаратов и приборов на два типа: КСО (камера комплектная, стационарная, одностороннего обслуживания), в которых аппараты высокого напряжения, приводы к ним и приборы установлены стационарно, без выдвигаемых элементов; КРУ, в которых соответствующее электрооборудование смонтировано на выкатной тележке, с выдвигаемыми элементами. Кроме того, по условиям обслуживания КРУ бывают одностороннего обслуживания (прислонного типа) с фасадной стороны и двустороннего обслуживания, свободно стоящие с проходами с обеих сторон.

Распределительные устройства изготовляют и комплектуют из отдельных шкафов (рис. 5-16), полностью укомплектованных аппаратами первичных цепей, приборами и аппаратами защиты, измерения, учета и сигнализации, ошиновками и проводками вторичных цепей в пределах каждого шкафа в отдельности. Шкафы КРУ состоят из трех основных частей: корпуса, выкатной тележки

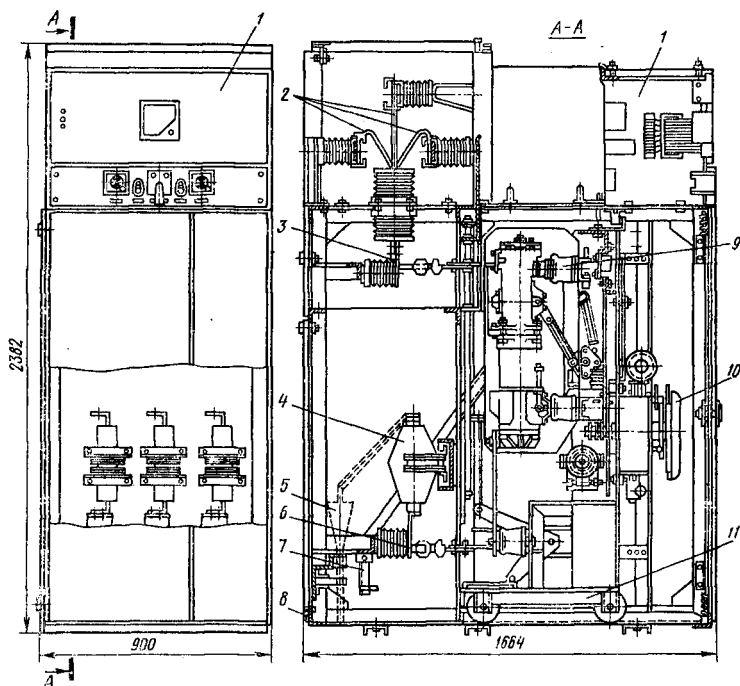


Рис. 5-16. Шкаф КРУ-2 с выключателем ВМП-10 и пружинным приводом:

1 — релейный шкаф; 2 — сборные шины; 3 — верхние ножи разъединителя; 4 — трансформаторы тока; 5 — концевые кабельные заделки; 6 — нижние ножи разъединителя; 7 — заземлитель; 8 — болты для заземления; 9 — выключатель; 10 — привод; 11 — выкатная тележка

и релейной камеры (шкафа). Они отличаются друг от друга габаритами, некоторыми конструктивными особенностями, типами встраиваемой аппаратуры и техническими характеристиками. Шкаф разделен стальными перегородками на отсеки: шинный, выкатной тележки, трансформаторов тока с кабельными заделками, верхних контактов разъединителей. Тележки выкатываются из шкафа при необходимости осмотра или ревизии аппаратуры.

В нижней части отсека имеются рельсы для направления тележки при ее перемещениях в шкафу. Отсек трансформаторов тока и концевых кабельных муфт отделен от отсека тележки съемной крышкой и шторками, которые открываются при вкатывании тележки в шкаф и закрываются при выкатывании тележки из шкафа.

Камера стационарная отдельно стоящая (КСО) делится на три отсека листовой сталью или асбоцементными плитами, в которых

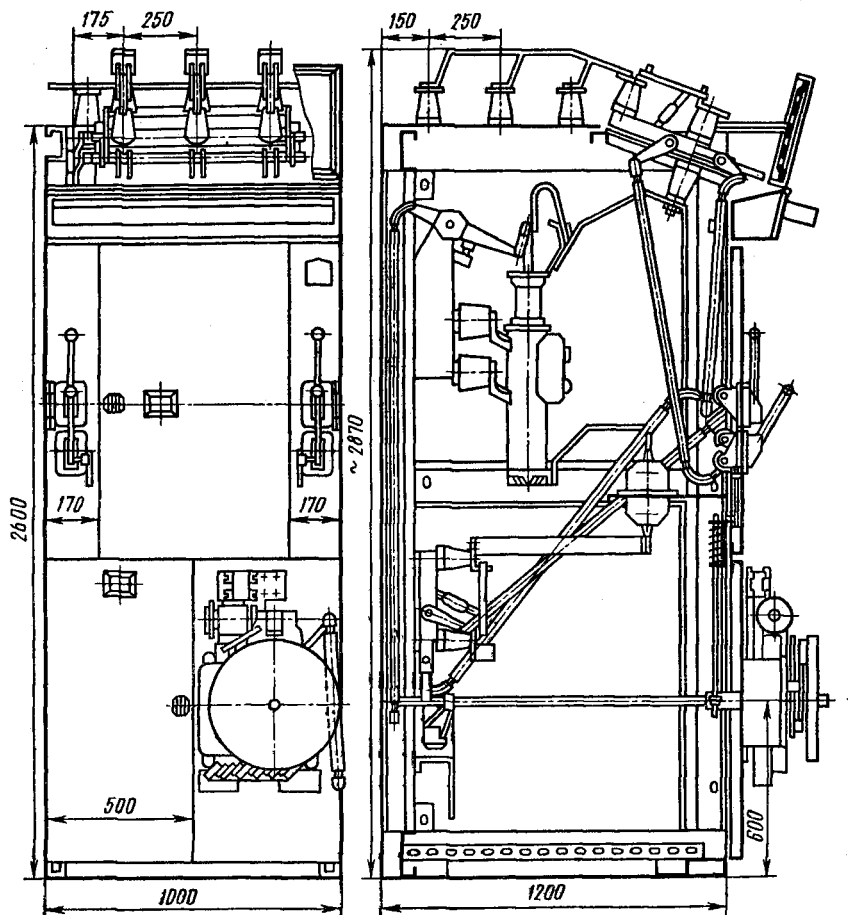


Рис. 5-17. Комплектная камера распределительного устройства КСО-272

соответственно размещены: сборные шины и шинный разъединитель — в верхнем, масляный выключатель и трансформаторы тока — в среднем, линейный разъединитель и кабельные заделки — в нижнем отсеках. Каркас камеры унифицированный, сварной из гнутой листовой и реже из угловой стали. На фасаде камеры закреплены две двери — верхняя и нижняя, на которые монтируют приводы выключателей и разъединителей. Аппаратуру измерения, защиты и управления размещают на верхней двери, за которой установлено сетчатое ограждение для внутреннего обзора камеры без снятия напряжения. По верху камеры проходит световой карниз, служащий одновременно световым табло, внутренним освещением и коробом для контрольных кабелей.

Безопасность обслуживания и соблюдение последовательности операций обеспечиваются устройством в камерах соответствующей механической блокировки. Камеры КСО со смонтированными на грузки вместо масляных выключателей имеют несколько иное конструктивное исполнение. Типовое обозначение этих камер КСО-366, камеры с масляными выключателями имеют обозначение КСО-272 (рис. 5-17). Эти камеры в отличие от ранее изготавливавшихся камер КСО-266 выпускают по схеме с двумя заземляющими ножами на шинном и линейном разъединителях. В них повышена безопасность обслуживания, улучшен доступ к оборудованию камеры.

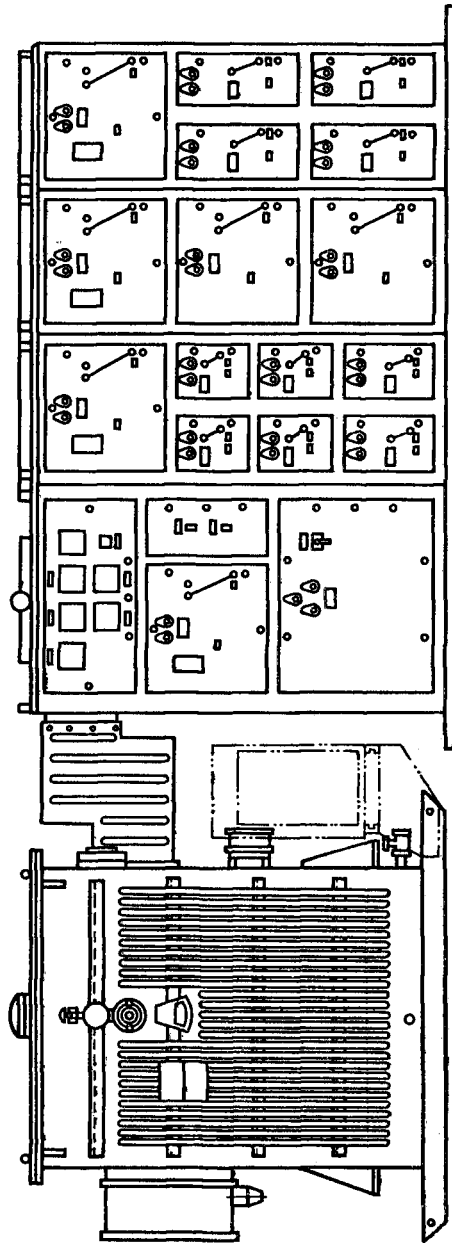


Рис. 5-18. Комплектная трансформаторная подстанция

**Комплектные трансформаторные подстанции** (рис. 5-18). Комплектная подстанция внутренней (КТП) и наружной (КТПН) установок состоит из блока ввода высокого напряжения 6—10 кВ, силового трансформатора (одного или двух) и комплектного РУ низкого напряжения 0,4 кВ с предусмотренной проектом защитно-коммутационной аппаратурой, приборами измерения, сигнализации и учета электроэнергии.

Дальнейшим техническим прогрессом в области индустриализации строительства и монтажа комплексных трансформаторных устройств являются объемные подстанции (ПС) напряжением 6—10 кВ (рис. 5-19), которые находят все большее применение.

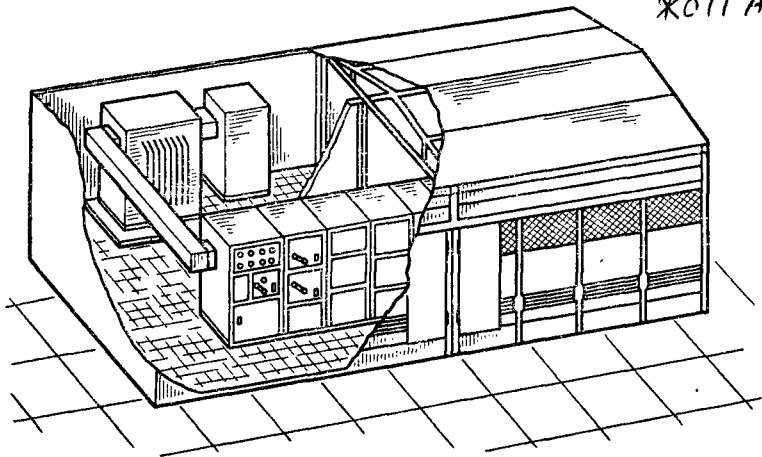


Рис. 5-19. Смонтированная трансформаторная подстанция мощностью 630—1000 кВ · А в объемном исполнении

Эти ПС полностью вместе со строительной частью изготовляют на заводе. Там же производят ревизию и наладку смонтированного электрооборудования. Подстанция доставляется на трайлере на объект монтажа и устанавливается краном на заранее подготовленную площадку или фундамент. Для пуска такой ПС необходимо лишь присоединить внешние кабельные или воздушные линии.

Наряду с объемными трансформаторными подстанциями из железобетонных панелей широко применяют ПС с металлическим каркасом, обшитым стальным оцинкованным гофрированным листом. Такую ПС изготовляют вне строительной площадки (на заводе или в монтажных мастерских); в ней монтируют все электрооборудование, кроме трансформаторов, и в полностью готовом виде ее доставляют на объект монтажа и устанавливают на фундамент. Объемная металлическая ПС стоит дешевле и менее материалоемка, чем сборная из железобетонных панелей и тем более кирпичная. Масса ПС без трансформатора не превышает 5 т.

**Монтаж КРУ и КТП.** При монтаже комплектных устройств выполняются следующие операции: доставка блоков оборудования



на место распаковки; установка на закладные основания; выверка их положения по вертикали и по однолинейности положения всех блоков, образующих ряд; стягивание их болтами между собой; приварка к основанию; электрическое соединение блоков одного с другим; прокладка и соединение сборных шин; подсоединение кабелей; ревизия и окончательная регулировка аппаратов. При современном индустриальном монтаже ПС и РУ основными операциями является доставка собранных блоков к месту монтажа, перевозка внутри помещения, подъем и установка.

КРУ и КТПН монтируют в помещениях, где полностью закончены все основные строительные и отделочные работы. До начала монтажа проверяют правильность устройств закладных оснований под камеры КРУ, КСО и КТП. Закладные основания устанавливаются по уровню и точно по проекту. Несущие поверхности обоих швеллеров должны быть в одной строго горизонтальной плоскости и выступать из чистого пола на 10 мм. Не менее чем в двух местах швеллеры присоединяют к контуру заземления полосовой сталью  $40 \times 4$  мм.

Блоки КРУ, КСО и КТП на место монтажа доставляют с помощью кранов и автомобильного или железнодорожного транспорта без промежуточной выгрузки. Шкафы и камеры монтируют следующим образом. Из шкафов КРУ выкатывают тележки. Устанавливают крайний шкаф или камеру КСО и после проверки правильности установки по вертикали и горизонтали приступают к установке примыкающего к ней следующего шкафа или камеры. Проверенные шкафы и камеры скрепляют между собой болтами, но так, чтобы при этом не появились перекосы. Закрепляют шкафы и камеры сваркой к закладным металлическим конструкциям и приступают к монтажу сборных шин РУ. После установки сборных шин всей секции выполняют затяжку болтов в контактных соединениях. При этом выполняют прокладку магистральных шин вторичных цепей; присоединяют силовые и контрольные кабели и вкатывают тележки в шкафы КРУ, проверяя совпадение контактов тележки низкого напряжения с контактами, установленными на релейном шкафу; совпадение контактов электрических соединителей высокого напряжения, заземляющих контактов тележки с контактами заземления корпуса, а также работу шторок (шторки должны подниматься и опускаться без перекосов и заеданий) и действительность механической блокировки.

При монтаже КТП и КТПН соединяют выводы трансформатора с РУ, устанавливают автоматы, монтируют заземление. Соединение шин выполняют в основном с помощью сжимных плит, контактную поверхность шин нельзя зачищать стальными щетками и наждачной бумагой во избежание повреждения имеющегося на ней противокоррозионного покрытия. Для очистки контактной поверхности ее протирают чистой тканью, смоченной в бензине. Блоки устанавливают поочередно, предварительно сняв специальные заглушки, закрывающие выступающие концы шин, и подъемные скобы с опорных швеллеров.

Выдвижные автоматические выключатели низкого напряжения проверяют на совпадение вертикальных и горизонтальных осей втычных контактов и ножей, а также динамометром определяют усилие нажатия. Кроме того, проверяют совпадение осей симметрии подвижных и неподвижных вспомогательных контактов. Для вкатывания и выкатывания автоматических выключателей применяют специальное устройство, поставляемое заводом. Монтаж завершается проверкой годности проводок и приборов, надежности крепления болтовых соединений, электрической изоляции, присоединений кабелей высокого напряжения и отходящих линий к трансформаторам.

**Испытания оборудования РУ.** Электрооборудование РУ после монтажа проходит необходимые испытания и наладку, после чего его сдают по акту в эксплуатацию. При сдаче комиссии предъявляют перечень отклонений от проекта, рабочие чертежи с нанесением на них изменений, акты скрытых работ, протоколы сушки, ревизии, формовки батарей, принципиальные схемы, а также протоколы испытаний и наладки электрооборудования с указанием исправлений, произведенных в процессе наладки. Смонтированное электрооборудование РУ предъявляют к сдаче после устранения дефектов и недоделок, обнаруженных в процессе предварительных осмотров. Объем и нормы испытаний смонтированного оборудования приведены в § 12-1. При приеме законченных электромонтажных работ комиссия проверяет соответствие их проекту и требованиям ПУЭ и СНиП.

### **§ 5-8. Монтаж и сборка силовых трансформаторов**

Монтаж силовых трансформаторов предусматривает: погрузку, транспортировку и выгрузку; ревизию и сушку; сборку и установку; пробное включение под напряжение. В комплексе операций по монтажу трансформаторов значительное место по трудоемкости занимают такелажные работы. Доставку трансформаторов к месту монтажа осуществляют преимущественно автомобильным транспортом соответствующей грузоподъемности, тракторами на специальных транспортных приспособлениях или тягачами на авто-трайлерах.

Организация монтажа трансформатора заключается в сооружении при промышленном предприятии временной мастерской, оснащенной подъемными средствами, приспособлениями, инструментами и приборами и имеющей масляное хозяйство для сушки и очистки трансформаторного масла. В тех случаях, когда мастерская отсутствует, работы по монтажу и ревизии трансформаторов проводят в одном из цехов действующего или сооружаемого предприятия или непосредственно на месте установки с возведением временного укрытия необходимой высоты. Место, отведенное для этой цели, ограждают и предусматривают наличие противопожарного инвентаря. Особое внимание обращается на такелажные работы, связанные с монтажом трансформаторов. Для трансфор-

маторов IV габарита мощностью до 80 000 кВ · А (включительно) эти работы являются сложной и ответственной операцией, которую поручают лишь высококвалифицированным специалистам в области такелажных работ и которую они проводят в соответствии с «Инструкцией по монтажу силовых трансформаторов напряжением до 100 кВ (включительно)  $\left( \frac{ВСН 342-75}{ММСС СССР} \right)$ ».

**Транспортировка, приемка и хранение трансформаторов.** Погрузку и выгрузку трансформаторов с железнодорожной платформы или автомашины производят подъемными кранами с помощью стальных стропов за четыре подъемных крюка, приваренных к стенкам верхней рамы бака. Эти крюки рассчитаны на подъем полностью собранного и залитого маслом трансформатора. При отсутствии крана трансформаторы разгружают и перемещают с помощью лебедок, полиспастов и домкратов.

После выгрузки проверяют состояние трансформатора и ведут подготовку его к монтажу или к длительному хранению, если монтаж переносится на более поздний срок. Приемку трансформатора производят по внешнему осмотру, при этом проверяют отсутствие вмятин и повреждений бака, радиаторов, расширителя, выхлопной трубы и других деталей, герметичность уплотнений, целостность сварных швов, отсутствие трещин и отбитых краев у вводов, комплектность деталей по накладной и по демонтажной спецификации завода-изготовителя, наличие пробок на всех кранах для масла.

Порядок и условия хранения трансформаторов до монтажа имеют большое значение как с точки зрения сокращения затрат труда на ревизию и монтаж, так и длительности срока их службы после монтажа в процессе эксплуатации. Правильное хранение трансформатора обеспечивает возможность включения его под напряжение без сушки.

Трансформаторы, транспортируемые частично демонтированными, но с баком, заполненным маслом, после испытания на герметичность и установки расширителя доливают сухим чистым маслом, не позднее чем через шесть месяцев после отправки с завода.

**Ревизия трансформаторов.** Ревизию силовых трансформаторов производят для выявления и устранения неисправностей и повреждений. Ревизии подвергают не все трансформаторы. В соответствии с ГОСТом включать в эксплуатацию трансформаторы следует без осмотра их активной части при соблюдении требований к их транспортированию и хранению, изложенных в «Инструкции по транспортированию, хранению, монтажу и вводу в эксплуатацию трансформаторов на напряжение до 35 кВ без ревизии их активных частей» (Информэнерго, 1971). При нарушении требований этой инструкции или при обнаружении неисправностей выполняют подъем их активной части для ревизии деталей, находящихся внутри бака.

Внутренний осмотр трансформатора ведут в закрытом помещении, при этом масло сливают в сухой и чистый бак, выемную часть поднимают и устанавливают на настил из досок, проверяют запрессовку обмоток (в имеющиеся между обмотками зазоры забивают дополнительные прокладки из сухого электрокартона), прочность болтовых креплений сердечника и остальных частей; ослабленные гайки и шпильки затягивают; особенно тщательно осматривают целостность демпферов отводов у места их присоединения к выводам и целость изоляции в этом месте.

Мегаомметром напряжением 1000 В проверяют сопротивление изоляции обмоток между собой и относительно сердечника, изоляцию шпилек магнитопровода и наличие заземления сердечника. Выемную часть, бак и радиаторы промывают сухим трансформаторным маслом, после чего собирают трансформатор, уплотняют места соединений, заливают масло и на месте проводят необходимые испытания.

Результаты замеров и ревизии дают возможность судить о необходимости сушки трансформаторов; при измерениях характеристик изоляции следует руководствоваться указаниями ГОСТ «Трансформаторы силовые. Методы испытаний», ПУЭ и инструкции (ВСН 342—75) (ММСС СССР).

**Контроль состояния изоляции трансформаторов.** Условия включения трансформаторов без сушки и необходимость сушки активной части регламентированы в заводских и в указанной выше инструкциях, которыми и следует строго руководствоваться. Трансформаторы с увлажненными обмотками включать под рабочее напряжение нельзя. Обмотки трансформатора считают неувлажненными и сушку их необязательной в результате всестороннего рассмотрения результатов ряда испытаний, а также условий транспортирования трансформатора и его хранения до и во время монтажа. Применяют несколько методов испытания и определения степени увлажнения обмоток трансформатора, описанных ниже.

*По коэффициенту абсорбции*, т. е. соотношению сопротивлений изоляции обмоток в зависимости от времени приложения напряжения, мегаомметром измеряют сопротивления изоляции обмоток через 15 и 60 с после приложения напряжения и определяют коэффициент абсорбции, равный отношению  $R_{60''}/R_{15''}$

Сопротивление изоляции обмоток трансформаторов определяют мегаомметром на напряжение 2500 В с верхним пределом измерения не ниже 10 000 МОм. При измерении все вводы обмоток одного напряжения соединяются. Перед началом каждого измерения испытываемую обмотку заземляют на срок не менее 2 мин.

Показания мегаомметра необходимо отсчитывать через 60 с после приложения напряжения к изоляции обмотки; допускается за начало отсчета принимать начало вращения рукоятки мегаомметра. Наименьшее допустимое значение  $R_{60''}$  обмоток трансформаторов в масле на напряжение до 35 кВ мощностью менее 10 000 кВ · А приведено ниже.

Температура обмоток, °С . . . . .	10	20	30	40	50	60	70
Сопротивление изоляции МОм . . . . .	450	300	200	130	90	60	40

Коэффициент абсорбции при хорошем состоянии изоляции трансформаторов мощностью менее 10 000 кВ · А, напряжением до 35 кВ (включительно) при температуре 10—30 ° С составляет не менее 1,3. Состояние электрической изоляции характеризуется еще и значением тангенса угла  $\delta$  диэлектрических потерь в изоляции. Тангенс угла  $\delta$  диэлектрических потерь значительно повышается при увлажнении диэлектрика, потому этим показателем широко пользуются при оценке состояния изоляции вновь вводимых в эксплуатацию масляных трансформаторов. Его значения, выраженные в процентах, не должны превышать значений, приведенных в табл. 5.1.

Таблица 5-1

Напряжение обмоток высокого напряжения	Значение $\text{tg } \delta$ при температуре обмоток, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
До 35 кВ включительно, мощностью менее 2500 кВ · А . . . . .	1,5	2	2,6	3,4	4,6	6	8
До 35 кВ включительно, мощностью менее 10 000 кВ · А . . . . .	1,2	1,5	2	2,6	3,4	4,5	6

Значения тангенса угла диэлектрических потерь измеряют мостом переменного тока типа МД-16. Кроме коэффициента абсорбции и тангенса угла диэлектрических потерь степень увлажнения обмоток трансформатора характеризуется еще и соотношением емкостей обмоток, измеренных при частотах 2 и 50 Гц ( $C_2/C_{50}$ ). Этот метод носит название *емкость — частота*. Он основан на том, что при увлажненных обмотках трансформатора  $C_2/C_{50} \approx 2$ , а при неувлажненных обмотках (сухих)  $C_2/C_{50} \approx 1$ . Обмотки трансформатора в масле при напряжении до 35 кВ включительно, мощностью менее 10 000 кВ · А имеют следующие наибольшие допустимые значения  $C_2/C_{50} = 1,1$  — при температуре обмотки 10° С; 1,2 — при температуре обмотки 20° С; 1,3 — при температуре обмотки 30° С. Значение  $C_2/C_{50}$  измеряют приборами контроля влажности ПКВ-7 и ЕВ-3. Правильное показание прибор ПКВ-7 дает лишь в том случае, когда сопротивление изоляции обмоток составляет не менее 15 МОм (при температуре 10—30° С). Поэтому перед использованием прибора ПКВ-7 проверяют абсолютную величину сопротивления изоляции обмоток трансформатора. Величину  $C_2/C_{50}$  измеряют между каждой обмоткой и корпусом. Остальные обмотки при измерении заземляют.

Метод *емкость — температура* определяет зависимость емкости увлажненных обмоток от температуры. Физическая основа этого метода заключается в изменении диэлектрической постоянной изоляции, а следовательно, и ее емкости при изменении температу-

ры. Причиной этого изменения является резко выраженная неоднородность диэлектрика, обусловленная главным образом наличием влаги в изоляции. Влияние температуры на значение диэлектрической постоянной у увлажненной изоляции проявляется сильнее, чем у сухой. Недостатком этого метода является необходимость нагрева трансформатора до  $70^{\circ}\text{C}$ .

Значение тангенса угла диэлектрических потерь  $\text{tg}\delta$  характеризует общее состояние изоляции, являясь показателем увлажнения изоляции и потерь в ней. Если изоляцию изготовить из идеального диэлектрика, то в ней не было бы потерь и при включении на переменное напряжение она не потребляла бы активной мощности. Практически в изоляции всегда происходит потеря энергии. Это вызывается разными причинами, в частности содержанием влаги, которая проникает в поры волокнистых материалов обмоток трансформаторов, существенно увеличивая диэлектрические потери. Поэтому при приложении к изоляции напряжения из сети потребляется не только реактивная, но и активная мощность. Отношение активной мощности, потребляемой изоляцией, к реактивной называется *тангенсом угла диэлектрических потерь*. Активная мощность, потребляемая изоляцией, значительно меньше реактивной; отношение их измеряется сотыми долями;  $\text{tg}\delta$  принято выражать в процентах.

Однако ни один из описанных показателей увлажнения изоляции обмоток трансформаторов, взятый отдельно, не является достаточным, чтобы по нему можно было окончательно решить вопрос о необходимости сушки трансформатора. Решение принимается по комплексу данных. В этот комплекс кроме описанных выше показателей увлажненности изоляции обмоток входят данные о заводских испытаниях, сведения о способе хранения, перевозке и монтаже трансформатора.

Распространенный способ сушки обмоток трансформаторов — *сушка индукционными потерями* в собственном баке, под вакуумом, при спущенном масле. Бак нагревают с помощью намагничивающей обмотки из изолированного провода, накладываемой на бак трансформатора. Для создания вакуума используют вакуум-насос, трубу которого соединяют с отверстием на крышке бака. Сушку заканчивают тогда, когда сопротивление изоляции обмоток в течение 8 ч при постоянных величинах вакуума 10—15 кПа и температуре  $95\text{—}105^{\circ}\text{C}$  остается без изменения и когда незначительно выделяется конденсат или он отсутствует. Недостатком этого способа является необходимость создания вакуума. Кроме того, не всегда удается так расположить намагничивающую обмотку, чтобы происходило равномерное распределение температуры; нижние части кожуха оказываются менее нагретыми, чем средние и верхние. Неравномерный нагрев нижней части бака трансформатора устраняют устройством дополнительного подогрева путем установки под баком электропечи или дополнительной металлической конструкции и намотки на нее части витков намагничивающей обмотки. Этот способ обычно применяют в несколько измененном

варианте: вакуум-насос отключают, на верхней крышке трансформатора устанавливают вентилятор, который отсасывает подогретый воздух, поступающий снизу через сливное отверстие.

При температуре окружающего воздуха ниже  $15^{\circ}\text{C}$  сушку и пропитку активной части проводят в помещении или тепляке, построенном из лесоматериалов и обитом изнутри негорючим материалом. В тепляке должно быть не менее двух дверей, расположенных в противоположных стенках, и необходимая освещенность. Запрещается устанавливать в тепляке оборудование для заливки масла и сушить загрязненные активные части трансформатора. В случае загрязнения активной части необходимо продуть ее сухим сжатым воздухом и тщательно промыть трансформаторным маслом. При повышении температуры прогрева и сушки температура изоляции обмоток, магнитопровода и других изоляционных частей не должна превышать  $105^{\circ}\text{C}$ ; стенок, дна и крышки бака —  $115^{\circ}\text{C}$ .

Сушка считается законченной для трансформаторов напряжением до 35 кВ (включительно), если значение сопротивления изоляции обмоток остается неизменным в течение не менее 6 ч при неизменной температуре обмоток (после прогрева) 95 и магнитопровода  $90^{\circ}\text{C}$ .

**Монтаж и сборка трансформаторов.** Монтаж и сборка мощных силовых трансформаторов для закрытых и открытых установок состоят из нескольких основных операций и начинаются с установки радиаторов, маслonaполненных вводов, переключающего устройства, расширителя, газового реле, реле уровня масла, предохранительной (выхлопной) трубы, воздухоосушителя, термометров, термометрического сигнализатора и термосифонного фильтра (рис. 5-20).

**Сборка радиаторов.** В съемных радиаторах (до установки их на трансформатор) проверяют, полностью ли закрыты радиаторные краны на баке; испытывают на плотность сварные швы повышенным давлением и промывают радиаторы сухим трансформаторным маслом. Радиаторы испытывают повышенным давлением столбом масла, нагретого до  $50\text{--}60^{\circ}\text{C}$  (давление создают ручным насосом), или сжатым воздухом (от компрессора). Испытания проводят при вертикальном или горизонтальном положении радиатора в течение 30 мин при давлении 50 кПа. Все заводские дефекты сварки, выявленные в результате такого испытания, устраняют газосваркой. После испытания радиаторы промывают чистым маслом, применяя для этого центрифугу или фильтр-пресс. Окончив монтаж всех радиаторов, проверяют работу кранов и заполняют радиаторы маслом.

Перед монтажом 110-киловольтных маслonaполненных вводов снимают заглушку, закрывающую отверстие, предназначенное для установки ввода. Прокладку из маслостойкой резины заменяют новой и на ней закрепляют сварной переходной фланец. Болты фланца затягивают равномерно по всей окружности до тех пор, пока толщина резиновой прокладки не уменьшится вдвое. Затем

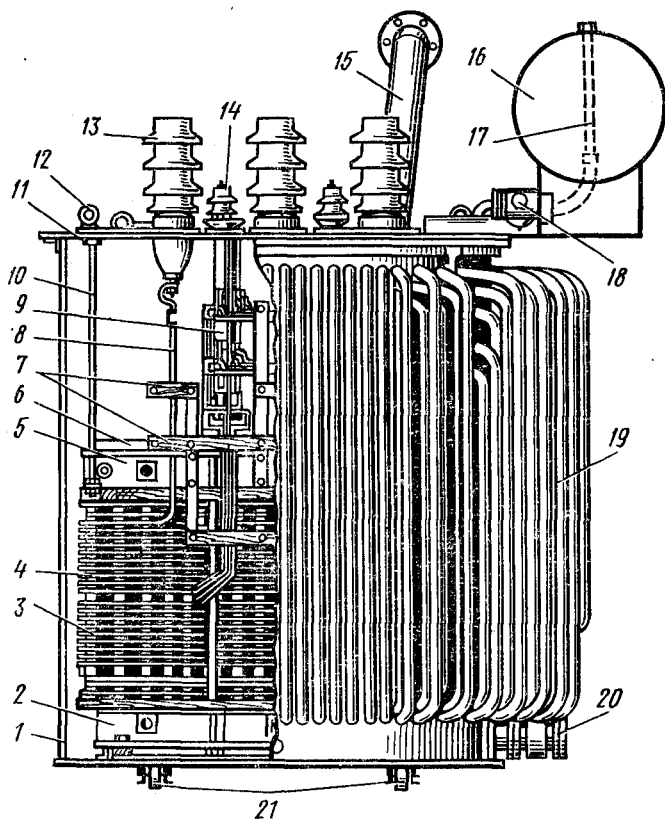


Рис. 5-20. Трехфазный силовой трансформатор мощностью 1000 кВ · А с масляным охлаждением:

1 — бак; 2, 5 — нижняя и верхняя крановые балки магнитопровода; 3 — обмотка ВН; 4 — регулировочные отводы к переключателю; 6 — магнитопровод; 7 — деревянные планки; 8 — отвод от обмотки ВН; 9 — переключатель; 10 — подъемная шпилька; 11 — крышка бака; 12 — подъемное кольцо (рым); 13, 14 — вводы ВН и НН; 15 — предохранительная труба; 16 — расширитель; 17 — маслоуказатель; 18 — газовое реле; 19 — циркуляционные трубы; 20 — маслоспускной кран; 21 — катки

устанавливают резиновую прокладку на верхнее кольцо переходного фланца и приступают к опусканию ввода в переходной фланец, для чего ввод вывешивают в центре отверстия фланца. После того как ввод вывешен над отверстием фланца, в центральную трубу ввода пропускают киперную ленту или гибкий канатик, к которому прикрепляют контактную шпильку, припаянную к концу кабеля. Шпильку вытягивают через центральную трубу.

Монтаж переключающего устройства. Трансформаторы с регулировкой напряжения под нагрузкой поставляют комплектно с переключающим устройством (рис. 5-21). При ревизии активной части трансформатора приходится отсоединять горизонтальный вал (разъемное звено между переключателями и контакторами) и отключать концы отводов от контакторов. По-



сле ревизии вал устанавливают на место, для этого привод переключающего устройства и подвижные контакты ставят в положение I. Затем в соединительную муфту вала переключателя устанавливают конец горизонтального вала со шпонкой. На другом конце вала соединяют конусные диски, следя за тем, чтобы совпали риски дисков съемного вала и вала контакторов. Работу переключающего устройства после монтажа проверяют, повертывая вручную механизм от начального до предельного положения, а затем приводят переключающее устройство в действие электродвигателем.

Монтаж расширителя и газового реле. Перед монтажом предварительно проверенного и испытанного герметичность расширителя (рис. 5-22) его промывают сухим и чистым трансформаторным маслом. На крышке трансформатора устанавливают два кронштейна, на которых временно закрепляют расширитель; окончательно расширитель устанавливают после присоединения к нему патрубка с газовым реле и очистки его внутренней поверхности от ржавчины до металлического блеска и покрытия лаком.

Проверенное в лаборатории газовое реле (рис. 5-23) монтируют на маслопроводе на клингеритовых (или пробковых) проклад-

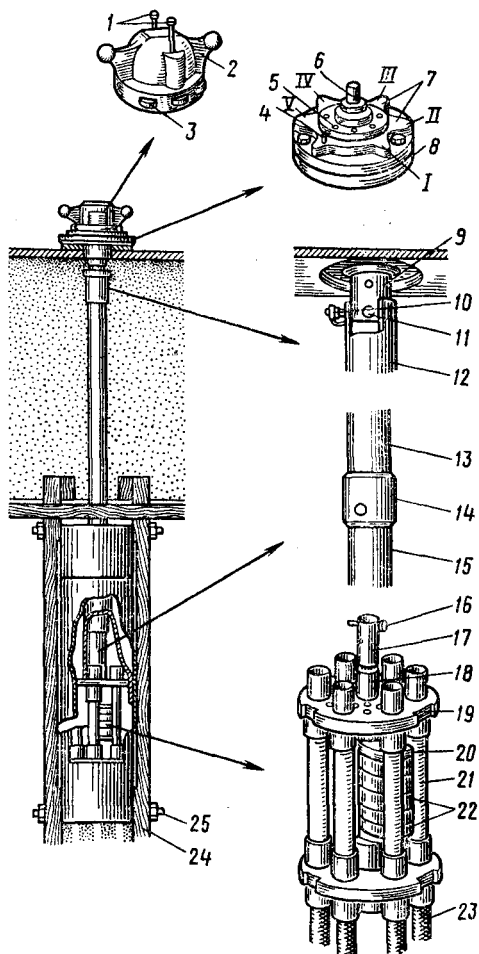


Рис. 5-21. Общий вид и детали однофазного переключателя барабанного типа:

1 — стопорные болты; 2 — колпак привода; 3 — указатель положения; 4 — упор; 5 — отверстие для стопорного болта; 6 — вал привода; 7 — выступы на крышке сальника; 8 — фланец; 9 — втулка привода; 10, 16 — штифты; 13 — штанга; 15 — валик нижней муфты; 17 — втулка переключателя; 18 — изоляционная втулка вала переключателя; 19 — гетинаксовый диск; 20 — колеччатый вал; 21 — контактный стержень; 22 — контактные кольца; 23 — кабель; 24 — вертикальная деревянная планка; 25 — шпилька из изоляционного материала; I—V — указатели положения переключателя; 11 — валик; 12 и 14 — верхняя и нижняя муфты

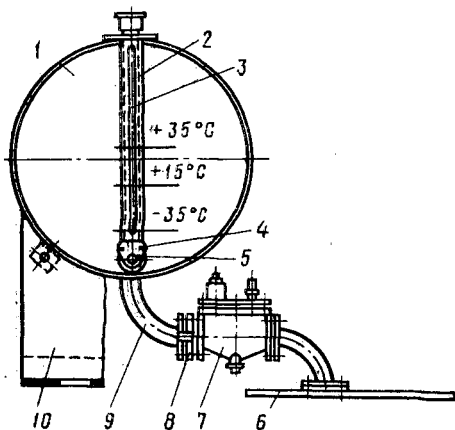


Рис. 5-22. Общий вид расширителя:

1 — бак; 2 — маслоуказатель; 3 — маслоуказательное стекло; 4 — угольник; 5 — запирающий болт; 6 — крышка трансформатора; 7 — газовое реле; 8 — плоский кран; 9 — трубопровод; 10 — опорная пластина

как, покрытых бакелитовым лаком. Смотровое окно газового реле монтируют на стороне, удобной для обозрения. Верхний фланец газового реле устанавливают горизонтально (с проверкой ватерпасом), маслопровод, соединяющий бак трансформатора с расширителем, монтируют с подъемом 1,5—2% от трансформатора в сторону расширителя для того, чтобы лучше обеспечить прохождение газов в реле. В смонтированном корпусе газового реле устанавливают поплавковую систему таким образом, чтобы стрелка на ее крышке указывала направление движения масла от бака трансформатора к расширителю. Затем окончательно устанавливают расширитель, закрепляя его хомутами и шпильками. Провода к газовому реле (для защиты их от разъедания маслом) прокладывают в хлорвиниловых трубках.

Монтаж реле уровня масла и выхлопной трубы. Реле уровня масла монтируют на фланце дна расширителя на уплотняющей прокладке. После установки маслоуказателя и реле уровня масла расширитель испытывают на герметичность путем заполнения его сухим трансформаторным маслом и выдержкой в течение 3 ч. Выхлопную (предохранительную) трубу,

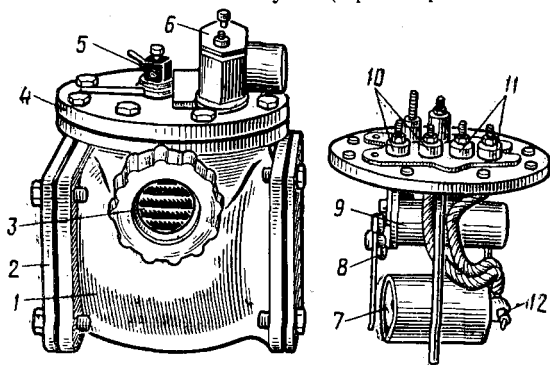


Рис. 5-23. Газовое реле ПГ-22:

1 — корпус; 2 — фланец; 3 — смотровое окно; 4 — крышка; 5 — крышка для выпуска скопившихся в реле газов; 6 — коробка зажимов; 7, 9 — нижний и верхний поплавки; 8 — ртутный контактный элемент сигнализации; 10 — зажим цепи сигнализации; 11 — зажим цепи отключения; 12 — ртутный контакт цепи отключения

очищенную внутри от грязи и следов ржавчины до монтажа, устанавливают на крышке трансформатора (на месте заглушки) под некоторым углом, с тем чтобы при выбросе струи масла не попало на находящиеся вблизи оборудование и на выводы трансформатора. Перед установкой выхлопной трубы с обоих ее концов снимают заглушки, очищают и промывают их маслом. Трубу устанавливают на новой уплотняющей прокладке и затягивают равномерно на все болты. Для обеспечения большей устойчивости трубу скрепляют с расширителем или с крышкой трансформатора специальной планкой.

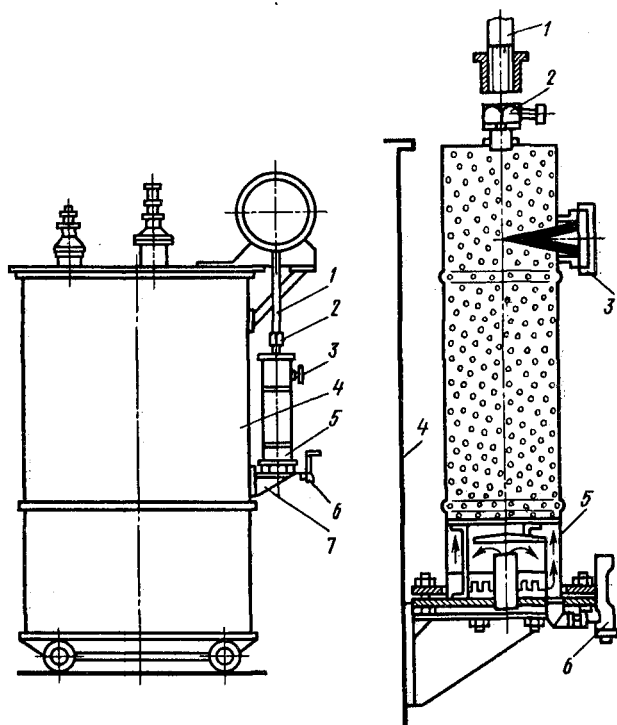


Рис. 5-24. Воздухоочистительный фильтр (воздухоосушитель):

1 — дыхательная труба; 2 — соединительная муфта; 3 — смотровое окно; 4 — бак трансформатора; 5 — масляный затвор; 6 — указатель уровня масла в затворе; 7 — кронштейн

Установка воздухоочистительного фильтра (воздухоосушителя). Воздухоочистительный фильтр (рис. 5-24) предназначен для очистки (от влаги и промышленных загрязнений) воздуха, поступающего в расширитель трансформатора при колебаниях уровня масла при изменении температуры. Воздухоосушитель представляет собой цилиндр, заполненный силикагелем. Его монтируют и включают в следующем

порядке: разборка, очистка и просушка фильтра; заполнение патрона верхней части цилиндра индикаторным силикагелем и установка стекла в смотровом окне; засыпка в цилиндр обычного силикагеля (пропитанного раствором хлористого кальция) с таким расчетом, чтобы до крышки оставалось примерно 15—25 мм; приведение в рабочее состояние гидравлического затвора и заливка его чистым, сухим маслом до отметок нормального уровня; подключение воздухоосушителя к дыхательной трубке расширителя.

**Установка термометров и термометрических сигнализаторов.** Ртутные и ртутно-контактные термометры и термометрические сигнализаторы монтируют после проверки их в лаборатории. Термометрический сигнализатор уста-

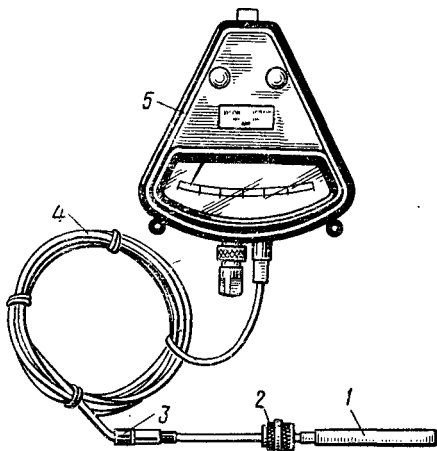


Рис. 5-25. Термометрический сигнализатор ТС-100:

1 — термобаллон; 2 — штуцер; 3 — ниппель; 4 — капиллярная трубка; 5 — корпус

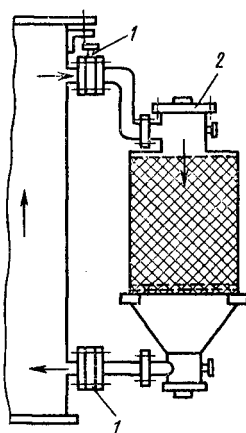


Рис. 5-26. Термосифонный фильтр:

1 — радиаторные краны; 2 — загрузочный кран

навливают на специальной пластине, приваренной к стенке бака, при этом на корпусе 5 прибора устанавливают резиновую прокладку (рис. 5-25). При монтаже этих приборов, устанавливаемых на гильзах, промежуток между ними и термометрами заполняют трансформаторным маслом, гильзы уплотняют.

**Монтаж термосифонного фильтра.** Термосифонный фильтр применяют для поддержания изоляционных свойств масла и продления срока его службы. Фильтр представляет собой цилиндрический аппарат, заполненный активным материалом — адсорбентом (крупный силикагель или активная окись алюминия сорта А-1), поглощающим продукты старения масла. Термосифонный фильтр монтируют и включают в такой последовательности: разбирают фильтр и его фильтрующее устройство; очищают фильтр и соединительные патрубки от загрязнений; промывают их чистым сухим трансформаторным маслом и собирают; снимают

заглушки на радиаторных кранах и устанавливают фильтр на баке трансформатора аналогично установке радиаторов; засыпают в него чистый, сухой адсорбент, затем фильтр промывают маслом (для фильтров емкостью до 50 кг промывка необязательна) и заполняют расширитель маслом значительно выше отметок нормального уровня.

Перед заполнением маслом из фильтра удаляют воздух, для этого на крышке фильтра имеется специальный патрубок (воздушник), масло подают через нижний патрубок фильтра. После того как из фильтра выйдет воздух, открывают верхний кран фильтра и дают стечь маслу в отдельную посуду. Когда через фильтр пройдет некоторое количество масла, берут пробу на отсутствие механических примесей. В случае их отсутствия прекращают подачу масла и приступают к монтажу фильтра на трансформаторе. Термосифонный фильтр подключают к трансформатору только с чистым сухим маслом, термосифон устанавливают с внешней стороны бака в вертикальном положении (рис. 5-26).

**Ошиновка трансформаторов.** Ошиновку трансформаторов выполняют так, чтобы не создавались механические напряжения в фарфоре и других деталях вводов. В настоящее время для ошиновки трансформаторов малой мощности применяют алюминиевые шины, кабели и провода. Подсоединение их к медным шпилькам или пластинам вводов трансформаторов выполняют через медно-алюминиевые наконечники или переходные пластины. У трансформаторов малой мощности перемычки между вводами низшего напряжения и распределительным щитом обычно выполняют из проводов АПРТО или ПРТО, прокладываемых открыто на стальной полосе.

ВРУ открытого типа монтируют трансформаторы специальной конструкции с изоляторами, рассчитанными для работы на открытом воздухе. Порядок монтажа этих трансформаторов такой же, как и трансформаторов для закрытых ПС. Для монтажа ошиновки трансформаторов открытых ПС применяют многожильные гибкие провода, что объясняется их небольшой стоимостью и удобствами монтажа и эксплуатации. Для монтажа и ремонта трансформаторов массой выемной или съёмной части 10 т и более на ПС предусматривают установку грузоподъемных устройств (порталов) — стационарных или инвентарных.

После ревизии (если она выполнялась) трансформаторы заливают или доливают трансформаторным маслом, удовлетворяющим требованиям ПУЭ. Монтаж сухих, а также герметичных трансформаторов, заполненных совтолом типа ТНЗ или трансформаторным маслом типа ТМЗ, отличается некоторыми особенностями. Сухие трансформаторы (серия ТСЗ) имеют простую конструкцию — защитный кожух трансформатора изготовляют разборным прямоугольной формы из листовой стали, поэтому ревизия их до включения сводится к внешнему осмотру: проверяют надежность контактных соединений, отсутствие повреждений обмоток, изоляторов, изоляционных прокладок; продувают обмотки и магнитопровод

сжатым воздухом; выполняют необходимые измерения. Если изоляция обмоток ниже нормы, то проводят сушку их в сушильной камере с обогревом воздухоподувкой, с электрообогревом или в вакуумном шкафу с обогревом обмоток способом короткого замыкания. Герметичные трансформаторы, заполненные совтолом, на месте установки не подлежат разборке. Их герметичность проверяют по показаниям мановакуумметра. Известные трудности представляет работа с совтолом из-за его высокой гигроскопичности: при отборе пробы для испытания на электрическую прочность необходимо предохранить его от попадания влаги и пыли. При работе с совтолом следует иметь в виду его токсичность и соблюдать меры предосторожности.

### § 5-9. Монтаж вторичных цепей

Для монтажа вторичных цепей ПС проектная организация выдает принципиальные и монтажные схемы, являющиеся основными рабочими чертежами при монтаже и эксплуатации. В монтажных схемах предусматривают все приборы автоматизации, измерения, защиты, управления и сигнализации, а также все соединительные контрольные кабели вторичных цепей.

*Вторичные цепи* — это провода и кабели, соединяющие между собой электрооборудование для дистанционного управления аппаратурой первичных цепей, защиты электрооборудования, измерения электрических величин в первичных цепях, осуществления различных видов оперативных управлений и сигнализаций.

Монтаж вторичных цепей ПС выполняют по схемам, входящим отдельной частью в состав проекта данного фидера или установки. Основные узлы вторичных цепей сосредоточены на щитах управления, защиты, автоматики и сигнализации. Щиты, изготовленные в виде отдельных панелей, транспортируют к месту монтажа, где их устанавливают и присоединяют в общую схему ПС. Поступающие на объект отдельные панели щита до начала работ принимает монтажный персонал, который проверяет, чтобы конструкции щитов, смонтированная на них аппаратура, схемы соединений, а также расположение панелей в блоках соответствовали рабочим чертежам и полностью были укомплектованы электрооборудованием согласно проекту.

Каркас панелей делают сварным из гнутых и штампованных профилей листовой стали толщиной 3 мм. На боковинах панелей устанавливают перфорированные лотки с крышками для прокладки и крепления внутрипанельных проводов, наборных клемм и кабельной подводки. Крышки и перфорированный лоток вместе с каркасом панели образуют два вертикальных канала, в которые укладывают провода вторичной коммутации ПР, ПВ, АПР и АПВ.

В других конструкциях щитов применяют прокладку проводов вторичных цепей в один слой, непосредственно по стальным стенкам щитов, на изоляционных подкладках из лакоткани или электрокартона. В нижней части панели горизонтально или вертикаль-

но вдоль боковых стенок устанавливают ряды наборных зажимов для присоединения проводов друг к другу и к аппаратуре.

До начала монтажа в мастерской выполняют сборку узлов и пакетов проводов; изготавливают и комплектуют опорные и крепежные конструкции, изделия и детали для прокладки проводов и кабелей вторичных цепей. В процессе монтажа вторичных цепей применяют разные способы прокладки пакетов и потоков проводов с жестким креплением к панели — свободно висящими пакетами и без крепления к основанию, на струнах, в коробах, на лотках, перфорированных профилях, дорожках и напрямую.

Пакеты и потоки проводов заготавливают и собирают в МЭЗ по эскизам замеров с использованием шаблонов. На рис. 5-27,а — в показаны заготовки потока проводов на деревянной плите с помощью универсальных шаблонов, их пакетировка и изгибание. На таких шаблонах с помощью перестановки шпилек можно заготавливать потоки и пакеты проводов по различным схемам.

Для изготовления по одной и той же схеме нескольких одинаковых потоков или перемычек используют простые шаблоны, выполненные из электрокартона, фанеры или другого листового материала и представляющие собой макет части или всей монтируемой панели. При формировании потоков проводов необходимо соблюдать требования инструкции: выдерживать радиус изгиба для гибких многопроволочных и однопроволочных проводов не менее пяти диаметров; избегать перекрещивания проводов при ответвлениях, а при необходимости перекрещивать их на выходе из основного потока или непосредственно у прибора; выполнять повороты одинаково и под прямым углом; производить бандажирование проводов в потоках на прямолинейных участках с шагом 150—200 мм, а также во всех местах выхода проводов.

Провода вторичной коммутации крепят винтами или скобами различной конструкции. В последнее время для крепления вторичных цепей стали широко внедрять пряжки, скобы, дюбели и другие крепежные изделия из полимерных материалов (из капрона, полиэтилена и пластмассы). В этом случае провода прокладывают на задней стороне панели по кратчайшему пути без всякого крепления.

Для внешитовых проводов, прокладываемых за пределами панели, применяют провода ПР и АПР, которые монтируют на изоляционных клицах. Материалом для клиц служит эбонит, текстолит, карболит, гетинакс и проваренное в трансформаторном масле дерево твердых пород (бук, дуб). Выполненную на клицах проводку обычно закрывают стальным коробом, который придает проводке аккуратный, законченный вид и защищает ее от случайных повреждений. Линии, связывающие РУ со щитом управления, обычно выполняют контрольными кабелями АКСРБ, АКБРБ, АКСБ и АКСБГ, подключаемыми к сборкам наборных зажимов, укрепляемых на скобах из полосовой стали, перфорированных полос или из профильных реек. Если к месту присоединения подходят не провода, а контрольные кабели, то их концы должны быть

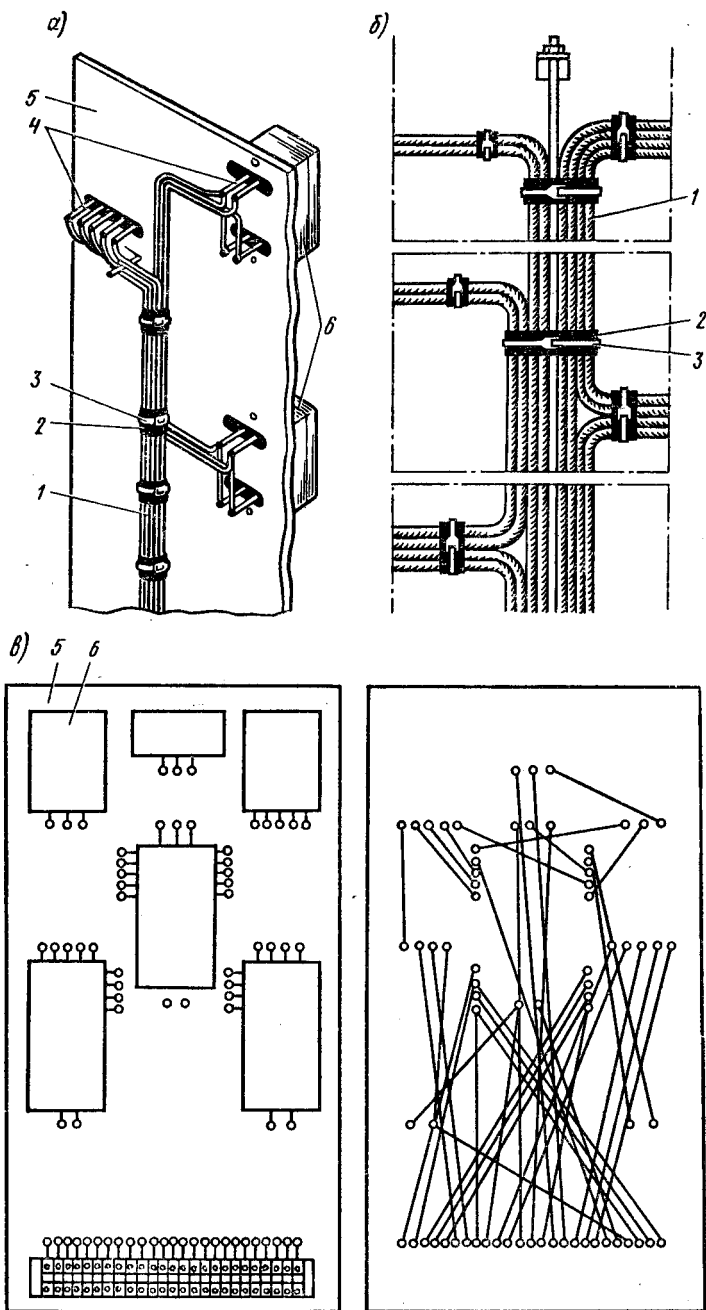


Рис. 5-27. Прокладка проводов вторичных цепей:  
 а — свободно висящими пакетами; б — на струнах; в — «напрямую»; 1 — пакет проводов;  
 2 — изоляционная прокладка; 3 — полоска-пряжка; 4 — вывод аппарата; 5 — панель;  
 6 — аппараты



заделаны. Для контрольных кабелей применяют сухую концевую заделку, для кабелей с бумажной изоляцией (в стальной или пластмассовой воронке) — заделку с оксидным компаундом.

Для удобства монтажа и эксплуатации вторичных цепей маркируют все их основные элементы. Маркировка состоит из условных обозначений, наносимых на контрольные кабели, клеммы, сборки, предохранители, зажимы реле и приборов и др. Маркировка дает возможность быстро определить цепь, к которой подсоединен контрольный кабель, его жилу (или провод), фазу тока или напряжения, подводящиеся к зажиму прибора, полюс постоянного тока аппарата и др. Маркировка должна быть простой, понятной и легко запоминающейся. В пределах одной установки не должно быть одинаковых условных обозначений или индексов, характеризующих различные элементы вторичных цепей. Бирки-оконцеватели для маркировки выполняют из изоляционного материала (фарфор, пластмасса, поливинилхлоридные трубки и др.). На провода и жилы кабелей нельзя подвешивать бирки на проволоке.

#### **§ 5-10. Монтаж аккумуляторных батарей и статических конденсаторных установок**

**Монтаж аккумуляторных батарей.** Этот монтаж складывается из подготовительных работ, выполняемых в мастерской и в помещении аккумуляторной батареи, а также из работ по установке батарей на объекте. При монтаже аккумуляторных батарей в помещении поддерживают температуру на уровне  $+ 10^{\circ} \text{C}$ , так как при низких температурах технические характеристики аккумуляторов ухудшаются.

По рабочим чертежам проекта и замерам заготовительного участка на месте установки батарей выдается заказ в мастерской на изготовление конструкции под изоляторы, шин и проходной плиты, на сборку и пайку пластин и подготовку электролита.

Аккумуляторные батареи монтируют на деревянных стеллажах длиной не более 6 м, которые должны быть из сухого соснового пиломатериала первого сорта влажностью не более 15 %, хорошо прошпаклеваны, дважды покрыты горячей олифой и окрашены кислотостойкой (для кислотных аккумуляторов) или щелочестойкой (для щелочных аккумуляторов) краской. Опорные конструкции для изоляторов и раму для проходной плиты выполняют из угловой стали и окрашивают один раз кислотостойкой или щелочестойкой краской. Вторичную покраску производят после их монтажа в помещении одновременно с его покраской.

При заготовке узлов ошиновки стальные и медные шины соединяют сваркой. Концы шин, присоединяемые к аккумуляторам, облуживают. При установке стеллажи тщательно выверяют по уровню. В перечень операций по монтажу кислотных батарей входят: установка стеллажей и сосудов, сборка и пайка пластин, заполнение сосудов электролитом, формовка и испытание смонтированной батареи. Перед началом работ по установке стеллажей

в аккумуляторной должны быть закончены работы по монтажу ошиновки, освещению и вентиляции. Установку стеллажей начинают с примерочной раскладки брусьев на полу помещения с таким расчетом, чтобы расстояние между двумя рядами стеллажей было не менее 0,8 м, а между банками и стенами — не менее 150 мм. Затем размечают места установки опорных тумбочек исходя из того, что расстояние между ними должно быть 1,1—1,7 м в зависимости от типа элементов.

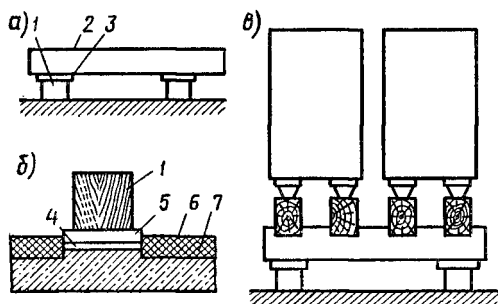


Рис. 5-28. Установка и сборка стеллажей и сосудов:

1 — тумбочка; 2 — стеллаж; 3 — стеклянная плитка; 4 — подливка гудроном толщиной 3—5 мм; 5 — метлахская плитка; 6 — асфальтовый пол; 7 — бетонное основание

Если пол покрыт метлахскими плитками, кислотоустойчивым кирпичом или бетоном, то опорные тумбочки устанавливают непосредственно на полу (рис. 5-28, а). При асфальтовом покрытии в местах установки тумбочек срубают слой покрытия и укладывают метлахские плитки (рис. 5-28, б).

Опорные тумбочки и плитки до их установки проверяют на отсутствие в них трещин; проверяют также стеклянные аккумуляторные банки после их распаковки. Поврежденные банки бракуют, а банки, признанные годными для монтажа, промывают дистиллированной водой и насухо вытирают чистыми тряпками и устанавливают на стеллажах. Одновременно проверяют целостность стеклянных опорных изоляторов, на которых будут устанавливать банки. На изоляторах укладывают по одной свинцовой или пластмассовой шайбе.

Сосуды устанавливают в строго вертикальном положении (рис. 5-28, в). Сосуды выравнивают по уровню с помощью свинцовых или пластмассовых шайб, прокладываемых между банками и изоляторами. Устойчивость каждой банки проверяют рукой (нажимают сверху и при этом сосуды не должны качаться); пластины припаивают паяльными клещами. Очистив «хвост пластины» и обхватив его клещами, пламя газовой горелки пропана направляют на хвост пластины и, дополняя присадочный материал (свинец), расплавленным свинцом заполняют форму, образуемую клещами; в качестве флюса применяют стеарин. В процессе пайки во избежание прожога пламя горелки равномерно перемещают.

После окончания пайки пробником или высокоомным вольтметром проверяют отсутствие короткого замыкания между пластинами в сосуде. После сборки и соединения пластин произво-

дят ошиновку аккумуляторных батарей, которую выполняют медными круглыми шинами, прокладываемых на опорных изоляторах. Шины соединяют пайкой, используя газовые (пропан-бутановые) горелки; в местах спайки ставят соединительные гильзы. По окончании монтажа ошиновки шины положительной полярности окрашивают в красный цвет, а шины отрицательной полярности — в синий. Электролит готовят в деревянном баке, облицованном внутри свинцом. Для приготовления и заливки электролита применяют спецпосуду и различные приспособления. Перед заливкой электролитом (температура менее 30 °С) аккумуляторы проверяют, затем составляют акт готовности батареи под заливку.

**Монтаж статических конденсаторных установок.** В настоящее время взамен поставки отдельных аппаратов и изделий с последующей сборкой и монтажом их на месте строительства статические конденсаторные установки поставляют крупными блоками, что позволяет широко применять современные промышленные методы монтажа, обеспечивающие надежность конденсатора и снижение стоимости.

В поставку комплексных конденсаторных установок (ККУ) входят: ячейка КРУ с выключателем, релейной защитой, измерительными приборами и другими для присоединения ККУ (заказывается заводу-изготовителю по опросному листу); конденсаторная установка, состоящая из ячейки ввода, ячеек с конденсаторами (количество зависит от мощности установки), шин для соединения ячеек конденсаторов между собой и ячейкой ввода, а также метизы для сборки при монтаже на месте установки ККУ, автоматического устройства для регулирования по требуемому параметру. При поставке в ККУ прилагается паспорт изделий и инструкции по монтажу и эксплуатации, а также указания по составлению строительного задания на установку ККУ и подвод силового и контрольных кабелей. В зависимости от способа присоединения ячейки КРУ с ячейкой ввода ККУ поставкой должны быть предусмотрены также силовые и контрольные кабели.

Монтаж ККУ на месте установки сводится к соединению ячеек друг с другом с помощью болтовых соединений; установке сборных шин; закреплению ККУ на фундаменте болтами; присоединению питающих кабелей и заземляющих проводников. Конденсаторные установки большой мощностью на напряжение 35 кВ и выше монтируют отдельными блоками, изготовленными на заводе или в мастерской и доставленными на место их установки. Электромонтажные работы выполняют в соответствии с требованиями ПУЭ и действующих инструкций по монтажу. При этом следует учитывать особенности монтажа конденсаторных установок.

Одной из главных причин, вызывающих повреждение конденсаторов на монтаже, является несоблюдение условий монтажа ошиновки. Присоединение шин к выводам изоляторов конденсаторов выполняют только гибким токопроводом, для того чтобы колебания температуры не могли вызвать изгибающих усилий в изоляторах. При затяжке верхних гаек на контактном стержне

вывода конденсатора необходимо ключом снизу поддерживать его гайку во избежание повреждения пайки арматуры и изолятора конденсатора. Конденсаторы в ККУ жестко прикреплены к конструкциям, на которых они установлены.

При монтаже конденсаторных установок с параллельно-последовательным соединением конденсаторов «в звезду» необходимо тщательно подбирать конденсаторы — по емкости для отдельных фаз звезды и последовательных групп. Необходимо также тщательно следить за исправностью всех контактов токоведущих и заземляющих частей, так как их неисправность может быть причиной преждевременного выхода конденсаторов из строя. Наладка и испытание электрооборудования конденсаторных установок должны производиться в соответствии с требованиями ПУЭ. Основные виды релейной защиты и установленные измерительные приборы ККУ напряжением 6(10) кВ указаны на рис. 5-29.

### § 5-11. Техника безопасности

Приступая к работам по такелажу оборудования и аппаратуры ПС и РУ, сначала проверяют исправность такелажных и монтажных приспособлений, целостность тросов, канатов и их соответствие массе перемещаемых грузов.

Вновь поступающие рабочие, прежде чем приступить к электромонтажным работам РУ, должны пройти вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте. После обучения безопасным методам работ ежегодно должны проводиться проверка знаний персонала с присвоением ему соответствующей квалификационной группы по технике безопасности. Для овладения наиболее прогрессивными методами работы и повышения знаний должна проводиться си-

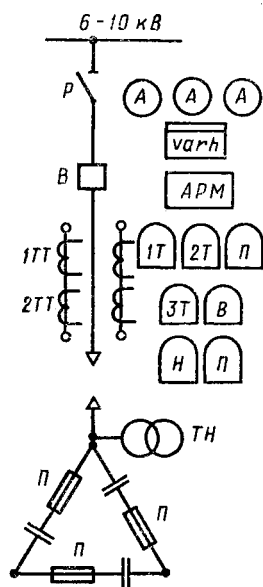


Рис. 5-29. Основные виды релейной защиты и установленные измерительные приборы ККУ напряжением 6/10 кВ:

*APM* — устройство автоматического регулирования; *1Т*, *2Т* — мгновенная максимально-токовая защита от короткого замыкания; *3Т* — максимально-токовая защита от перегрузки высшими гармониками; *Н* — защита максимального напряжения; *П* — предохранители индивидуальной защиты конденсаторов

стематическая учеба с персоналом и инструктаж на рабочем месте по технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной охране и другим действующим правилам охраны труда и технике безопасности при производстве электромонтажных работ.

Перед монтажом ошиновки, чтобы не поранить руки, с фланцев изоляторов, болтов, шпилек перед их установкой на конструкциях РУ удаляют заусенцы. Электроконструкции и оборудование массой 30 кг поднимают только механизмами и приспособлениями.

При групповом монтаже аккумуляторных батарей целесообразно электролит готовить в мастерской централизованно. Переносить бутылки с кислотой или электролитом разрешается только вдвоем и в специальной упаковке (в корзине или ящике), а переливать — только закрепив бутылку.

Во всех случаях кислоты вливают в воду полной струей и категорически запрещается вливать воду в кислоту. Щелочь следует лить в воду также тонкой

струей. Пролитую щелочь или кислоту убирают резиновыми грушами, а при больших количествах применяют опилки. Места, залитые при монтаже кислотой или электролитом, смывают водой из шланга или соответствующими растворами (известковым шлаком).

В аккумуляторном помещении все работы с кислотой и электролитом выполняют в спецпосудах, в резиновых сапогах, фартуке и перчатках, шерстяной спецодежде и предохранительных очках. У места проведения всегда должен находиться 5 %-ный раствор питьевой соды для промывки пораженных кислотой и электролитом участков кожи. Выполнение правил техники безопасности и охраны труда является обязанностью и долгом каждого работающего.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что представляют собой распределительное устройство (РУ) и подстанция (ПС)?
2. Расскажите об этапах работ по монтажу электрооборудования ПС.
3. Как установить и отрегулировать трехполюсный разъединитель?
4. Из каких операций состоит монтаж выключателей нагрузки и приводов к ним?
5. Каковы условия включения трансформатора без ревизии его активной части?
6. Какие преимущества имеют комплектные трансформаторные ПС по сравнению с обычными?

## **Глава 6. МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И АППАРАТОВ УПРАВЛЕНИЯ**

### **§ 6-1. Общие требования к электрическим машинам и определения**

Проведение монтажа электрических машин зависит от их мощности, габаритов, способов поставки и формы исполнения. Электрические машины малой и средней мощности поставляют заводы-изготовители в собранном виде; электрические машины большой мощности — в разобранном виде, а некоторые машины с разъемным статором.

Установку электрических машин производят так, чтобы ширина проходов между их фундаментами или корпусами, между машинами и частями зданий или оборудования была не менее 1 м в свету; допускаются местные сужения проходов между выступающими частями машин и строительными конструкциями до 0,6 м при длине не более 0,5 м. Расстояние между торцами рядом стоящих машин при наличии прохода с другой стороны машин должно быть не менее 0,3 м при высоте машин до 1 м от уровня пола и не менее 0,6 м при высоте машин более 1 м.

Ширина прохода обслуживания между машинами и лицевой стороной обслуживания пульты управления или щита управления должна быть не менее 2 м. Это расстояние считается от машины до закрытой двери или стенки шкафа. Эти требования не относятся к постам местного управления приводами. Ширина прохода между корпусом машины и торцом должна быть не менее 1 м. Проход для обслуживания между рядом шкафов с электрооборудованием напряжением до 1000 В и частями здания или оборудования должен быть не менее 1 м, а при открытой дверце шкафа — не менее 0,6 м; при двухрядном расположении шкафов проход между ними до-

лжен быть не менее 1,2 м, а между открытыми противоположными дверцами — не менее 0,6 м.

Машины мощностью до 10 кВт и малогабаритное оборудование можно устанавливать за распределительными щитами, стеллажами, пультами и тому подобными элементами распределительных устройств напряжением до 1000 В за счет местного сужения проходов в свету до значения не менее 0,6 м. При этом расстояние от корпуса машины или аппарата до токоведущих частей щита должно быть, не менее: при напряжении ниже 660 В — 1,0 м при длине щита до 7 м и 1,2 м при длине щита более 7 м; при напряжении 660 В и выше — 1,5 м. За длину щита в данном случае принимается длина прохода между двумя рядами сплошного фронта панелей (шкафов) или между одним рядом и стеной.

Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, не связанных с механическим оборудованием (преобразовательные, возбудительные, зарядные агрегаты и т. п.), устанавливается выше отметки чистого пола не менее чем на 50 мм. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, связанных с механическим оборудованием, определяется требованиями, предъявляемыми к его установке.

Для производства монтажных работ в электромашиных помещениях (ЭМП) предусматривают монтажные площадки или используют свободные площадки между оборудованием, рассчитанные на наиболее тяжелую, практически возможную нагрузку от оборудования и расположенные в зоне действия грузоподъемных устройств. Внешние контуры пола монтажной площадки обозначают краской или метлахской плиткой, отличающимися по цвету от других частей пола.

Участки ЭМП, по которым транспортируется оборудование, должны быть рассчитаны на нагрузку транспортируемого оборудования. Контуры этих участков следует обозначать краской или плиткой. Размеры монтажных площадок определяют по габариту наибольшей детали (в упаковке), для размещения которой они предназначены, с запасом в 1 м на сторону. Места установки стоек для размещения якорей крупных электрических машин на монтажных площадках должны быть особо рассчитаны и иметь отличительную окраску.

Синхронные электрические машины и машины постоянного тока мощностью 1000 кВт и более должны иметь электрическую изоляцию одного из подшипников от фундаментной плиты для предотвращения образования замкнутой цепи тока через вал и подшипники машины. При этом у синхронных машин должны быть изолированы подшипник со стороны возбудителя и все подшипники возбудителя. Маслопроводы этих электрических машин изолируют от корпусов их подшипников.

Электродвигатели напряжением свыше 1000 В устанавливают непосредственно в производственных помещениях, соблюдая следующие условия: электродвигатели, имеющие выводы под статором или требующие специальных устройств для охлаждения,

устанавливают на фундаменте с фундаментной ямой; фундаментная яма для электродвигателя должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к камерам, закрытым распределительным устройством (ЗРУ) напряжением свыше 1000 В; размеры фундаментной ямы должны быть не менее допускаемых для полупроходных кабельных туннелей.

Кабели и провода, присоединяемые к электродвигателям, установленным на виброоснованиях, на участке между подвижной и неподвижной частями основания, должны иметь гибкие медные жилы. Помещения для установки электрических машин и аппаратов принимают от строительных организаций под монтаж в состоянии, годном для нормального ведения работ, и с готовыми фундаментами для машин. Помещения должны иметь проемы в стенах и перекрытиях для транспортирования тяжелого и крупногабаритного электрооборудования.

Если проектом предусмотрена закладка в фундаменты труб, предназначенных для прокладки в них проводов или кабелей, то электромонтажная организация укладывает их еще до бетонирования фундамента, одновременно с вязкой арматуры. Размеры помещений, основные размеры фундаментов, размещение и размеры колодцев под анкерные болты, проемов и ниш, размещение осей фундаментов проверяют по данным чертежей проекта.

## **§ 6-2. Подготовительные работы**

Прежде чем смонтировать электрическую машину или аппарат, следует убедиться в том, что исполнение соответствует условиям среды, где их устанавливают. Электрические машины и аппараты монтируют так, чтобы они были доступны для осмотра и ремонта. Вращающиеся части машин и места сопряжения их с механизмами (муфты, шкивы, ременная передача и т. п.) защищают от случайных прикосновений ограждениями; корпуса электрических машин и пускорегулирующих аппаратов заземляют. Аппараты управления располагают ближе к электрическим машинам, в местах, удобных для обслуживания, там, где это доступно с точки зрения условий окружающей среды и технологии производства.

Электрические машины и аппараты в зависимости от их массы и габаритов поступают на монтаж от заводов-изготовителей в собранном или разобранном виде в соответствующей упаковке. Их выгружают с транспортных средств кранами (рис. 6-1) и в исключительных случаях на катках по наклонным настилам, хранят в сухих вентилируемых помещениях. Части машин, подверженные коррозии, покрывают слоем технического вазелина или какой-либо другой смазки; шейки валов покрывают антикоррозионной смазкой, обертывают влагонепроницаемым материалом и защищают от механических повреждений. При приемке электрических машин и аппаратов под монтаж проверяют их целостность, соответствие заводских табличек требованиям проекта и комплектность. Во избежание повреждения машин и аппаратов их распаковывают

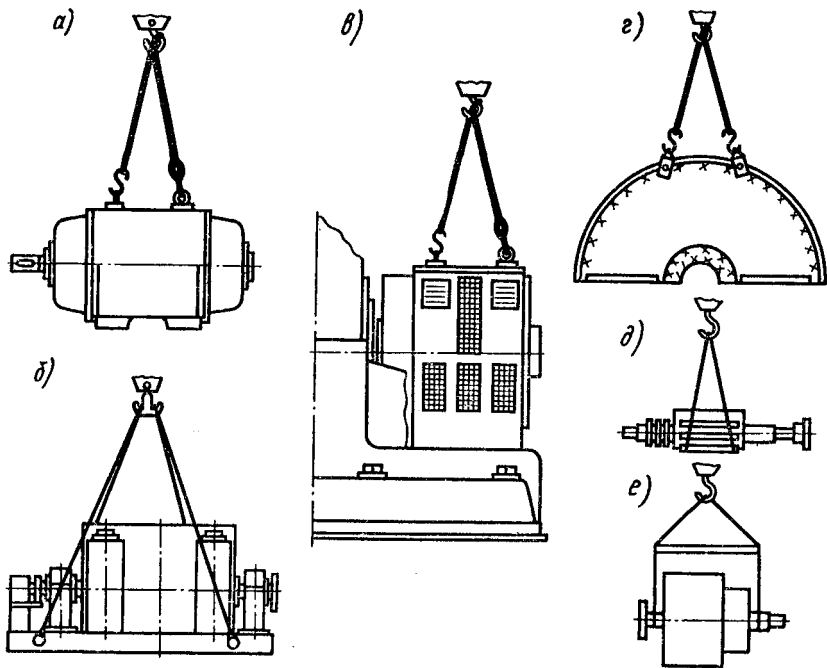


Рис. 6-1. Стropовка электрических машин и их отдельных частей при перемещениях:

*а, б, в* — собранных электрических машин; *г* — торцевого щита; *д, е* — ротора

осторожно в закрытом, сухом и чистом помещении, недоступном для посторонних лиц, и устанавливают на подкладках.

Непосредственно перед началом монтажа производят ревизию и регулировку электрических машин и регулировку аппаратов. При ревизии проверяют крепление обмоток, наличие доски с выводными зажимами, исправность активной стали, отсутствие вмятин, задиров, ржавчины, состояние выводов обмоток, коллектора и щеточных устройств у машин постоянного тока и контактных колец у машин переменного тока, шеек валов, правильность соединений обмоток, величины зазоров, сопротивление изоляции обмоток. У электрических аппаратов проверяют и регулируют одновременность включения контактов, раствор контактов, работу механизмов зацепления и срабатывания и др. Обнаруженные мелкие дефекты устраняют собственными силами. Для устранения серьезных дефектов аппараты отправляют на завод-изготовитель или в специальные ремонтные мастерские.

Машины и аппараты, прибывающие на монтаж в собранном виде, разбирают только в том случае, если возникают сомнения в их исправности после транспортировки и хранения. Разборку и последующую сборку машин и аппаратов производят так, как это указано в инструкции завода-изготовителя (гл. 20 и 21). На первой



стадии монтажа низковольтной пускорегулирующей аппаратуры, приборов контроля и защиты в соответствии с общим принципом организации электромонтажных работ размечают и пробивают гнезда, проемы и отверстия в строительных основаниях для креплений и заделки в них опорных конструкций или крепежных деталей.

Разметку ведут по отметкам чистого пола, наносимым на стенах или перегородках (представителями строительной организации) черной краской в виде полос шириной 10 и длиной 100—150 мм в соответствии с данными чертежей проекта или по размерам, снятым с натуры, пользуясь шаблонами для ускорения этой операции (последнее особенно целесообразно при установке большого количества однотипного оборудования). Разметку начинают с нанесения основных вертикальных и горизонтальных осей мест установки оборудования, а затем размечают места заделки опорных конструкций или крепежных деталей (болтов, шпилек, дюбелей и т. п.).

На металлических опорных поверхностях оборудование крепят или непосредственно винтами и болтами, или с помощью конструкций, привариваемых электросваркой к металлическим опорным поверхностям. Крепежные детали и опорные конструкции, если они не выпускаются заводами, изготавливают в мастерской по эскизам группы подготовки производства или чертежам проекта.

### § 6-3. Монтаж электрических машин

**Машины небольшой мощности.** Электрические машины, поступающие на монтаж в комплекте с механизмом, монтируют на второй стадии производства электромонтажных работ, когда полностью подготовлены площадки или конструкции для их установки. У электродвигателей с подшипниками скольжения подшипники промывают и заполняют маслом. Заводскую смазку подшипников качения при установке небольших машин обычно не заменяют. Проверяют состояние изоляции обмоток электрических машин и, если возникает необходимость, сушат обмотки. Подготовленные таким образом машины доставляют на монтажную площадку, где их устанавливают, выполняют сопряжение двигателей с рабочими механизмами и генераторов с двигателями и подключают к сети через пускорегулирующие аппараты. Перед установкой электродвигателей по установочным размерам изготавливают и устанавливают крепежные конструкции и детали.

Электродвигатели устанавливают на металлических конструкциях (рис. 6-2,а), непосредственно на полу (рис. 6-2,б) или на фундаменте и крепят с помощью болтов. При сопряжении электродвигателя с рабочим механизмом через ременную передачу его устанавливают на салазках, которые дают возможность изменять расстояние между валами электродвигателя и рабочей машины и тем самым регулировать натяжение приводного ремня (рис. 6-2,в). Электродвигатели поднимают на площадку, где их устанавливают с помощью кранов, блоков или талей.

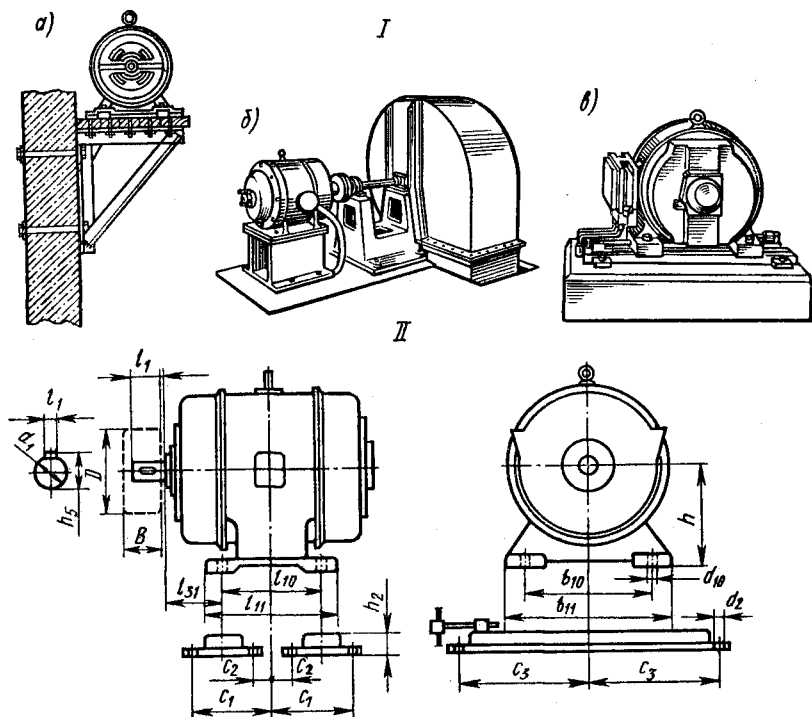


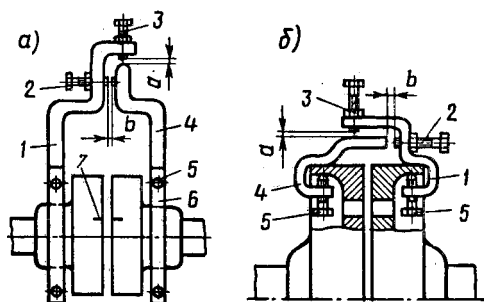
Рис. 6-2. Установка электродвигателей небольшой мощности (I) и обозначения установочных размеров (II):

$d_1, l_1$  — диаметр и длина рабочего конца вала;  $b_1$  — ширина шпонки;  $b_{10}, b_{11}$  — расстояние между отверстиями в лапах в поперечной и продольной осях;  $l_{10}, l_{11}$  — наибольшее расстояние лап в поперечной и продольной осях;  $h$  — высота оси вращения машины;  $d_{10}$  — диаметр отверстий в лапах;  $l_{31}$  — расстояние между отверстием в лапах и началом рабочего конца вала;  $D, B$  — диаметр и ширина шкива;  $c_1, c_2, c_3$  — расстояния от центральной линии до отверстий в салазках;  $h_2$  — высота салазок;  $d_2$  — диаметр отверстий в салазках

Электродвигатели соединяют с рабочими механизмами с помощью соединительных муфт различных конструкций, а также через зубчатую, ременную (клиноременную) или фрикционную передачу. При всех способах сопряжения положение электродвигателя проверяют по уровню и отвесу и регулируют с помощью металлических прокладок. При ременной передаче необходимым условием правильного сопряжения электродвигателя с механизмом является соблюдение параллельности валов, а также расположение средних линий их шкивов на одной прямой линии. Центровку соединяемых муфтой валов электродвигателя и приводимого им во вращения рабочего механизма производят с помощью двух скоб, закрепленных на валах электродвигателя и рабочего механизма (рис. 6-3,з). Поворачивая одновременно валы электродвигателя и механизма на  $90, 180, 270, 360^\circ$ , добиваются, чтобы расстояния  $a$  и  $b$  между центровочными скобами были постоянны. Биение

Рис. 6-3. Центровка валов:

*a* — центровочные скобы для центровки по втулкам полумуфт; *б* — для центровки по ободам полумуфт; 1, 4 — скобы; 2, 3 — болты для измерения зазоров; 5 — крепежные болты; 6 — хомут; 7 — риски



полумуфт и соосность валов допускаются в пределах соответственно в зависимости от типа муфты и числа оборотов двигателя от 0,02 до 0,05 мм и от 0,04 до 0,15 мм. При зубчатой передаче добиваются параллельности валов электродвигателя и механизма и правильного зацепления зубчатых шестерен, т. е. одинакового зазора между зубьями сопрягаемых шестерен по всей их толщине. Несοοсность соединяемых валов должна быть не более 0,5°.

**Электрические машины большой мощности.** Электрические машины переменного и постоянного тока, поступающие на место установки в собранном виде, устанавливают без разборки, но с предварительной ревизией. Монтаж начинают с установки фундаментной плиты, рамы или салазок на фундамент с металлическими прокладками толщиной 10 мм и более для грубой и 0,5—5 мм для точной выверки горизонтального положения плиты, рамы или салазок. Прокладки устанавливают по всему периметру опорных плоскостей через каждые 400 мм так, чтобы они выступали за края плиты, рамы и салазок на 25—50 мм. Одновременно в анкерные колодцы вставляют фундаментные болты. Около фундаментных болтов с обеих сторон располагают прокладки. Горизонтальное положение фундаментных плит, рам и салазок проверяют по уровню, с помощью проверочных линеек, уложенных на опорные плоскости. Регулируют плиты с помощью прокладок (рис. 6-4, 1).

После того как фундаментные плиты, рамы и салазки окончательно выверены, на них устанавливают электрическую машину и выверяют сопряжение осей валов электрической машины и рабочего механизма по центровочным скобам.

Если монтируют агрегат из двух и более электрических машин (например, двигатель — генератор — возбуждатель), то регулировку положения линий валов начинают с машины, имеющей два подшипника. Вал этой машины устанавливают строго горизонтально, а линии валов у промежуточных подшипников — по плавной кривой, соответствующей естественному прогибу валов от собственной массы. При сопряжении двух валов, имеющих три подшипника, наклоны шеек вала, лежащего на двух подшипниках, не должны изменяться при присоединении второго вала. Это достигается регулировкой третьего подшипника в вертикальной плоскости. Правильность сопряжения проверяют измерением величины биения конца вала, имеющего один подшипник, с помощью индикатора.

Если монтируют агрегат из двух и более электрических машин (например, двигатель — генератор — возбуждатель), то регулировку положения линий валов начинают с машины, имеющей два подшипника. Вал этой машины устанавливают строго горизонтально, а линии валов у промежуточных подшипников — по плавной кривой, соответствующей естественному прогибу валов от собственной массы. При сопряжении двух валов, имеющих три подшипника, наклоны шеек вала, лежащего на двух подшипниках, не должны изменяться при присоединении второго вала. Это достигается регулировкой третьего подшипника в вертикальной плоскости. Правильность сопряжения проверяют измерением величины биения конца вала, имеющего один подшипник, с помощью индикатора.

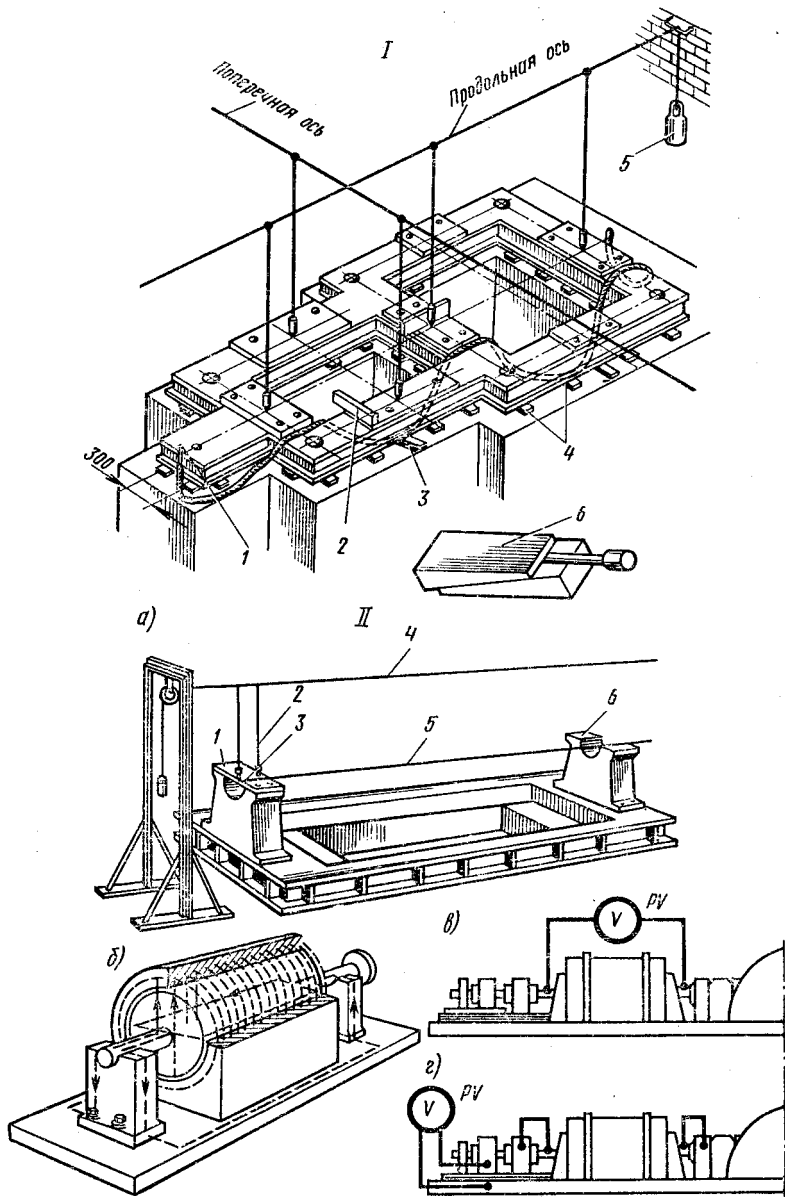


Рис. 6-4. Фундаментная плита и схема установки и проверки изоляции подшипниковых стояков:

*I* — установка фундаментной плиты: *1* — гидростатический уровень; *2* — уровень; *3* — стальной клин; *4* — прокладка; *5* — груз; *6* — клиновый домкрат; *II* — установка подшипниковых стояков (*a*) и проверка изоляции; *1* — пластина; *2* — отвес; *3* — риска; *4* — монтажная струна; *5* — контрольная струна; *6* — стояк; *б* — схема прохождения тока через подшипник; *в*, *г* — проверка изоляции стояка подшипника

После окончательной проверки положения электрической машины на фундаментной плите, раме или салазках, сопряжения ее с рабочими механизмами и сдачи по акту фундамент вместе с плитой, рамой или салазками заливают цементным раствором. При этом тщательно заполняют отверстия, в которых заделаны фундаментные болты и зазоры под плитой, рамой или салазками. Если позволяет конструкция плиты или рамы, то цементным раствором заполняют всю их внутреннюю часть, оставляя свободными лишь места прохода болтов сквозь плиту.

Затем мегаомметром проверяют состояние изоляции обмоток электрической машины, воздушные зазоры в «междужелезном» пространстве по всей окружности (для разных машин они различны в зависимости от требований заводских инструкций), промывают и заливают чистым маслом подшипники скольжения. В машинах постоянного тока проверяют состояние коллектора, щеток, щеточного механизма.

Монтаж разобранных машин производят в такой последовательности: распаковка и размещение узлов на монтажной площадке; очистка, ревизия и продувка их сжатым воздухом; подготовка фундамента; установка фундаментной плиты; монтаж стояков подшипников; установка статора на плиту; монтаж ротора, центровка и сопряжение валов; пригонка вкладышей и уплотнение подшипников скольжения; выверка воздушных зазоров и осевого разбега ротора; регулировка коллектора или контактных колец; монтаж щеточного механизма, а также систем принудительной смазки и принудительной вентиляции; монтаж внутренних соединений машины и ее внешних цепей; сушка изоляции (при необходимости); пробный пуск и регулировка систем машины; балансировка ротора машины (при необходимости); приемосдаточные испытания машины; фиксация частей машины после обкатки на фундаментной плите с помощью установочных штифтов; оформление технической документации и сдачи машины в эксплуатацию.

Установка и выверка фундаментной плиты или рамы при монтаже электрических машин, поступающих на монтажную площадку в разобранном виде, выполняется так же, как и монтаж машин, прибывающих в собранном виде. Монтаж начинают с установки подшипниковых стояков по заводским рискам и контрольным шпилькам (рис. 6-4, II, а). Подшипники разбирают, их опорные поверхности освобождают от защитных покрытий, ржавчины и забоин. Перед установкой подшипниковых стояков под них на плиту укладывают металлические прокладки общей толщиной 4—5 мм, с помощью которых в дальнейшем регулируют положение подшипников по высоте, а также изолирующие прокладки под одним или двумя стояками, чтобы исключить разъедание шеек паразитными токами.

В качестве изолирующих прокладок применяют пластинки из прочного изоляционного материала толщиной 2—5 мм. Болты и контрольные шпильки изолируют бакелитовыми или прессшпановыми трубками с толщиной стенки 2 мм, а фланцы маслопрово-

дов — электрокартоном. Сопротивление изоляции подшипникового стояка, измеренное мегаомметром на 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм (рис. 6-4, в, г). Затем в подшипниковые стоянки устанавливают нижние вкладыши подшипников и на них укладывают ротор машины, предварительно смазав шейки его вала чистым машинным маслом.

Чтобы убедиться в отсутствии перекоса вкладышей подшипников, ротор проворачивают на несколько оборотов. Далее выверяют (предварительно) совпадения валов электрической машины и рабочего механизма с насаженными полумуфтами с помощью линейки и щупа и устанавливают осевые зазоры (разбег) между торцами вкладышей подшипников и заточками (галтелями) вала. Эти зазоры необходимы для свободного удлинения вала при его нагревании и для возможной самоустановки ротора под влиянием магнитного поля электрической машины (сборка машины должна обеспечить симметричное расположение сердечников статора и ротора, однако при сборке может быть допущена некоторая погрешность, что приводит к самоустановке ротора).

Осевые зазоры по обе стороны вкладышей подшипников регулируют с учетом того, что со стороны внешних подшипников, т. е. подшипников со стороны расположения контактных колец или коллектора, они должны быть больше. У машин с диаметром шейки вала до 200 мм эти зазоры у ближайшего к полумуфте подшипника принимают равными 2—4 мм, а при диаметрах более 200 мм — 2 % диаметра вала.

Вал ротора проверяют индикатором на отсутствие радиального биения в шейках, местах установки уплотнений подшипников и шитов статора, а также вблизи ступицы ротора. Для валов с диаметром шейки вала до 200 мм допустимая величина биения 0,02 мм. Убедившись в правильности установки ротора в подшипниках, еще до установки статора производят регулировку совмещения валов так, как это описано выше.

После этого ротор поднимают краном, отводят в сторону и на место устанавливают статор электрической машины, руководствуясь заводскими рисками на отдельных его частях и контрольными шпильками (рис. 6-5). Правильность установки статора выверяют по струне, натянутой вдоль оси подшипниковых стояков, и по штих-

масу, с помощью стальных прокладок, подкладываемых под опорные лапы статора. Затем снимают один из подшипниковых стояков, ротор заводят в

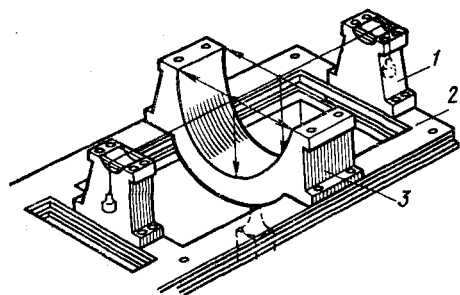


Рис. 6-5. Вывеска подшипниковых стоек и станин электрических машин:

1 — стойка подшипника; 2 — рама;  
3 — станина машины

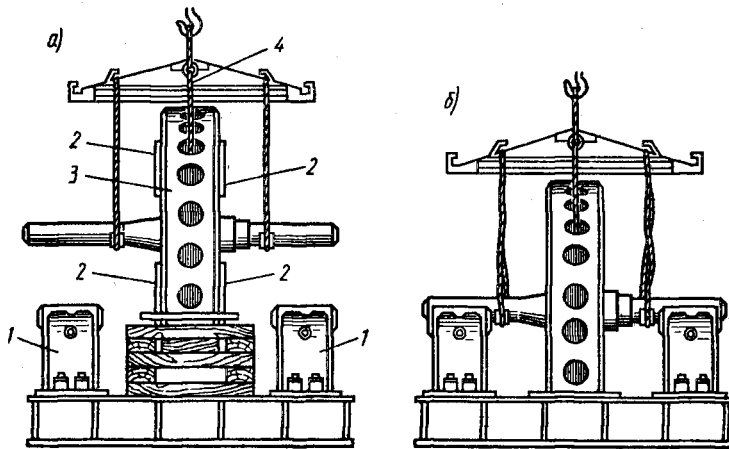


Рис. 6-6. Ввод ротора в статор:

*а* — строповка и подъем статора и ротора; *б* — установка вала в подшипники и опорных лап на плиту; 1 — подшипниковый стоик; 2 — пакет электрокартона; 3 — станина статора; 4 — средний строп

статор, перемещают его внутри статора до выхода полумуфты за пределы статора и укладывают на деревянные прокладки для того, чтобы переставить стропы на роторе и полностью ввести его в статор. Снятый подшипниковый стоик устанавливают на определенное место; ротор укладывают в подшипники (рис. 6-6) и еще раз проверяют осевые зазоры.

После того как положение ротора в подшипниках выверено, окончательно регулируют положение статора так, чтобы оси симметрии сердечников статора и ротора совпадали, и регулируют зазор между статором и ротором. Зазоры измеряют щупом в четырех диаметрально противоположных точках. В машинах постоянного тока зазоры измеряют под серединой каждого полюса. Перед закрытием подшипников проверяют зазоры между верхним вкладышем подшипника и шейкой вала и между вкладышем и крышкой подшипника (рис. 6-7). Зазор определяют по толщине сплюснутых при затяжке бол-

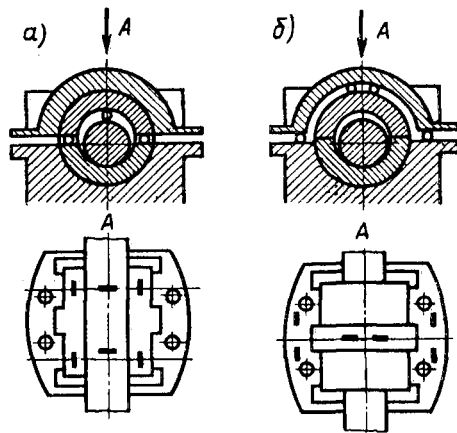


Рис. 6-7. Зазоры в подшипниках (контрольные точки):

*а* — между вкладышем и валом; *б* — между вкладышем и крышкой (черными точками и прямоугольниками показаны места заложения свинцовой проволоки)

тов предварительно заложенных в подшипник проволок. Затем выполняют внутренние соединения обмоток, регулируют щеточный механизм, монтируют масляную или воздушную системы охлаждения, измеряют вибрацию подшипниковых опор. Затем определяют среднеквадратичное значение вибрационной скорости, которое должно быть не свыше 4,5 мм/с, и приступают к сушке машины (если это требуется). Окончательные результаты регулировок и измерений заносят в монтажный паспорт электрической машины.

#### § 6-4. Сушка электрических машин

Электрические машины сушат при неудовлетворительных изоляционных характеристиках, указывающих на увлажненность изоляции. Сушку проводят до установки электрических машин в том случае, если они долгое время хранились в помещении и измерения показывают на увлажненность изоляции. Обмотки электрических машин перед сушкой очищают от загрязнений и осевшей пыли, продувая сухим и чистым воздухом. В случае длительного непосредственного попадания воды на обмотки измерения и испытания, связанные с подачей напряжения, следует выполнять после контрольного прогрева и подсушки путем внешнего нагрева. Сушку путем пропускания тока по обмоткам электрических машин можно выполнять, если сопротивление изоляции обмоток статора машин переменного тока и обмотки якоря машин постоянного тока не менее 50 кОм, а сопротивление изоляции обмоток ротора машин переменного тока и обмоток возбуждения машин постоянного тока не менее 20 кОм.

Корпус машины, подготовляемой для сушки, должен быть надежно заземлен. Сушку машин в зависимости от местных условий выполняют внешним нагревом, инфракрасными лучами, индукционными потерями в сердечнике, потерями в проводниках обмоток, током к. з. и т. п. (рис. 6-8).

Во время сушки в наиболее нагреваемых частях обмоток электрических машин, на поверхности стального ротора и статора систематически измеряют температуру ртутными термометрами, температурными детекторами (термометры сопротивления или термопары, закладываемые заводом-изготовителем машины в труднодоступные точки машины) или рассчитывают температуру обмоток по замерам сопротивления обмоток.

В процессе сушки ведут журнал, в который кроме заводских характеристик, места установки машины, метода сушки и другого заносят электрические параметры и температуру во всех контролируемых точках машин, а также вычерчивают кривые изменения температуры и сопротивления изоляции обмоток во времени.

Сдачу-приемку смонтированных электрических машин проводят в соответствии с требованиями СНиП. После предъявления необходимой сдаточной документации персонал заказчика при участии представителей монтажной и наладочной организаций



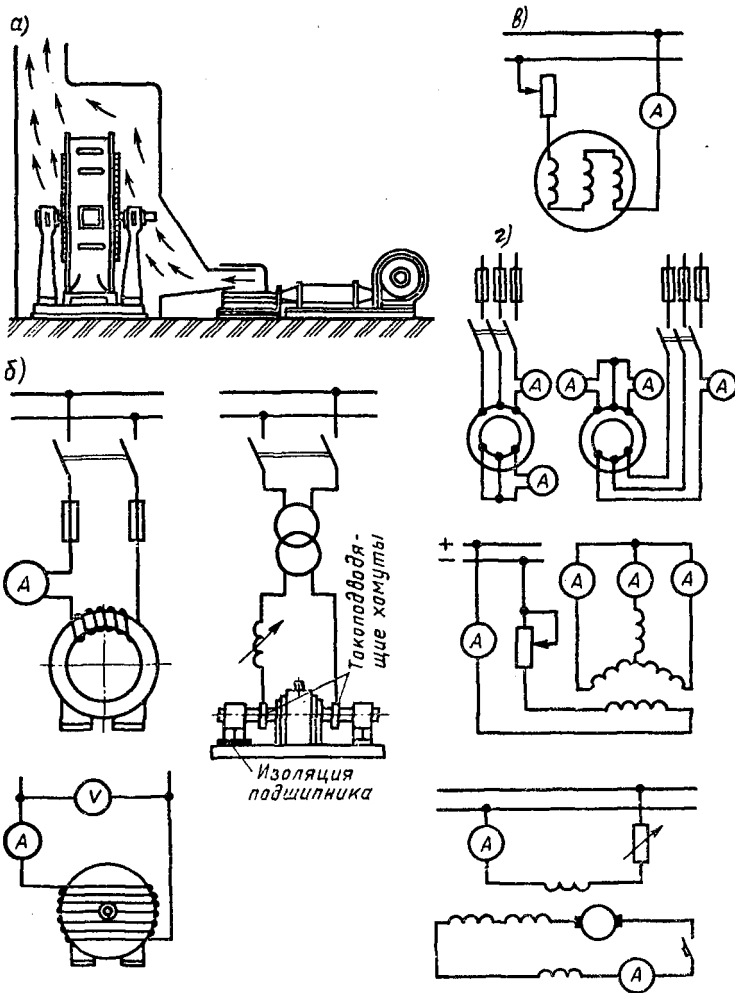


Рис. 6-8. Способы сушки машин:

*а* — непосредственным нагревом теплым воздухом; *б* — методом индукционных потерь; *в* — методом потерь в обмотках; *г* — методом короткого замыкания обмоток

проводит комплексные испытания на холостом ходу и оформляет акт сдачи-приемки электрических машин.

### § 6-5. Монтаж аппаратов управления

Панели распределительных щитов, щитов управления и защиты, относящихся к аппаратам управления, устанавливают в щитовом помещении или непосредственно в цехе на заранее подго-

товленном основании (обычно на направляющих из швеллерной стали). Установку начинают со средней в ряду панели. Панели выверяют по уровню и отвесу и соединяют между собой и с направляющими посредством болтов или электросваркой. После этого распаковывают приборы и аппараты (перед отправкой щитов на монтаж из мастерской приборы защиты и измерительные приборы снимают и упаковывают отдельно), чистят их, еще раз проверяют исправность подвижной и контактной систем, отсутствие обрывов и комплектность, устанавливают на панели и подключают к ним провода вторичной коммутации.

Под корпуса реле ставят прокладки из электрокартона, а крепежные болты снабжают резиновыми шайбами. Затем снятые для удобства транспортирования сборные шины устанавливают на место и налаживают приборы и аппараты. Все приборы и аппараты располагают строго вертикально, за исключением тех, которые по условиям нормальной работы должны находиться в горизонтальном или наклонном положении (здесь должна быть соблюдена строгая горизонтальность установки или прибор должен быть укреплен точно под требуемым углом наклона).

Станции управления в мастерской собирают в щиты (ЩСУ), монтируя на стальном каркасе, затем перевозят на площадку и устанавливают в специальные помещения или на площадках в цехах, вблизи от обслуживаемых ими электродвигателей. При установке на каркасе станций управления между ними оставляют небольшие зазоры. Панели крепят к каркасу болтами. Иногда панели магнитных станций (обычно одиночные) монтируют в шкафах и в таком виде отправляют в цех.

Магнитные пускатели, контакторы, пусковые ящики и другие аппараты устанавливают в комплекте с кнопками управления. Магнитный пускатель вместе с кнопочной станцией, а часто и целая группа магнитных пускателей, устанавливаемых в одном месте, одновременно с опорной конструкцией представляют собой монтажные узлы и блоки, изготавливаемые централизованно в мастерских. Такие готовые узлы устанавливают на заготовленные заранее крепежные устройства. Магнитные пускатели и контакторы устанавливают в строго вертикальном положении; нормальная высота их установки от пола 1500—1700 мм. Металлические конструкции, на которых крепят пусковые устройства, а также металлические кожухи магнитных пускателей, кнопок управления и контакторов надежно заземляют, подключая к ним ответвления от заземляющей шины или любого другого заземляющего проводника. Пример крепления аппаратов управления показан на рис. 6-9.

Пусковые реостаты с масляным охлаждением устанавливают на металлической или железобетонной конструкции (в виде стула) и крепят к ней четырьмя болтами. Высоту конструкции для установки реостата выбирают с таким расчетом, чтобы маховичок реостата находился на высоте 700—800 мм от пола. Реостаты с воздушным охлаждением устанавливают на металлических кон-

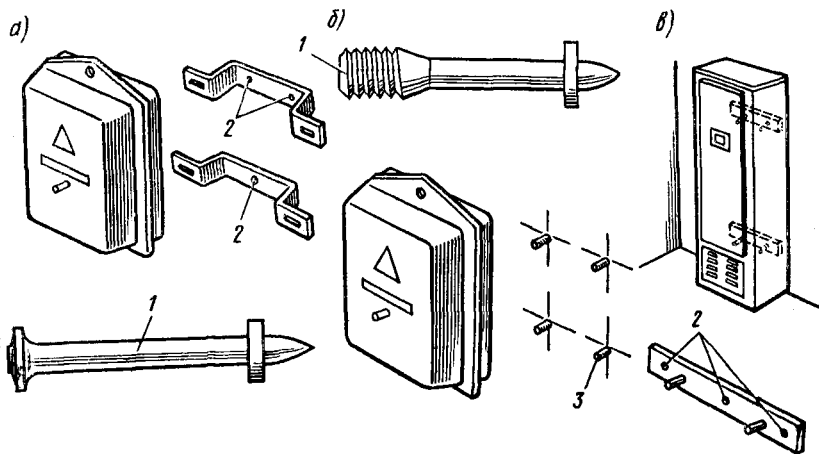


Рис. 6-9. Крепление аппаратов управления:

*а* — несъемное; *б* — съемное; *в* — комбинированное крепление шкафов; *1* — дюбель-гвоздь; *2* — место пристрелки детали дюбель-гвоздями; *3* — дюбель-винт

струкциях, укрепленных на стене, с зазором между опорной поверхностью и секциями реостата 50—100 мм для лучшего их охлаждения.

Кулачковые контроллеры и командоаппараты монтируют подобно пусковым реостатам с масляным охлаждением. Контроллер или командоаппарат устанавливают непосредственно на опорной поверхности или через дополнительную конструкцию по отвесу и уровню так, чтобы высота штурвала над полом была не более 1100 мм. При их установке следует обеспечить хороший обзор рабочего места и удобство управления.

## § 6-6. Техника безопасности

Помещения, в которых монтируют электрические машины, освобождают от лесов, строительного мусора и обеспечивают достаточным освещением. Все проемы в перекрытиях закрывают щитами или ограждают прочными перилами. Каналы в полу на время монтажа при отсутствии постоянных перекрытий закрывают временными щитами. Границы монтажных площадок, рассчитанных на массу подлежащих монтажу машин, четко обозначают. При недостаточной прочности площадок временно под них устанавливают дополнительные опоры.

Все применяемые для подъема тяжелых деталей подъемные устройства, а также тросы должны периодически проходить осмотры и испытания для проверки их пригодности и иметь соответствующий паспорт. При необходимости устраивают сплошные настилы со сплошными ограждениями, исключающие падение предметов с высоты. Кроме общих мер, обеспечивающих безопасность персонала при производстве работ, соблюдают следующие меры предосторожности: не оставляют на весу поднятые конструкции или оборудование; не производят перемещение, подъем и установку щитов, блоков магнитных станций без принятия мер, предупреждающих их опрокидывание; не крепят стропы, тросы и канаты за изоляторы, контактные детали или отверстия в лапах; внимательно следят за подаваемыми сигналами.

Для производства наладочных работ в действующих или находящихся под напряжением электроустановках руководитель группы наладчиков должен оформить допуск к работе, получив от эксплуатирующей организации соответствующий наряд, и совместно с лицом, допущенным к работе, проверить наличие условий, обеспечивающих безопасное ведение работ. В местах, где имеется или может появиться высокое напряжение, от эксплуатационного персонала должен быть назначен наблюдающий.

#### *Контрольные вопросы*

1. В какой последовательности надо выполнять операции по монтажу собранных машин?
2. Каковы особенности и последовательность операций при монтаже разобранных машин?
3. Как выверяют зазоры стояковых подшипников скольжения при их монтаже?
4. В каком порядке и с помощью каких приспособлений выполняют центровку валов электрических машин?
5. Какими способами и как сушат изоляцию электрических машин при их монтаже?

### **Глава 7. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КРАНОВ**

#### **§ 7-1. Общие сведения**

Электроснабжение крана осуществляется с помощью главных троллеев, в том числе с помощью малогабаритного троллейного шинпровода, стационарных питательных пунктов, по токосъемным контактам которых скользят укрепленные на кране отрезки троллеев («контактные лыжи»); кольцевого токоподвода; гибкого кабеля; стационарного токоподвода (для кранов, установленных на фундаменте). Исполнение электрооборудования (электродвигатели, аппараты и т. п.) кранов должно соответствовать условиям окружающей среды.

Неизолированные токоведущие части электрооборудования крана ограждают, если их расположение не исключает случайного прикосновения к ним лиц, находящихся в кабине управления, на галереях и площадках крана, а также возле него. Электрооборудование с неизолированными токоведущими частями (магнитные контроллеры, ящики сопротивлений и др.), с которого автоматически снимается напряжение при входе в места его расположения, а также электрооборудование, установленное в аппаратных кабинах и других электропомещениях, закрытых во время эксплуатации крана, не ограждается.

В аппаратных, кабинах и других электропомещениях ширина проходов, расположенных как с лицевой, так и с задней стороны щитов и панелей, имеющих сплошные или сетчатые ограждения, должна быть не менее 0,6 м. Расстояние от неогражденных неизолированных токоведущих частей, расположенных на высоте менее 2,2 м по одну сторону прохода до стены и оборудования с изолированными или огражденными токоведущими частями, расположенными по другую сторону прохода, должно быть не менее 1,2 м.

Главные троллеи крана выполняются, как правило, из стали. Эти троллеи допускается выполнять из алюминиевых сплавов. Применение меди и биметалла для главных троллеев и троллеев крана должно быть специально обосновано. Троллеи делают жесткими или гибкими; они могут подвешиваться на тросах и располагаться в коробах или каналах. При применении жестких троллеев необходимо предусматривать устройства для компенсации линейных изменений от температуры и осадки здания.

При питании крана электроэнергией гибким кабелем следует руководствоваться требованиями ПУЭ к передвижным токоприемникам. Прокладку проводов на кранах выполняют на лотках, в коробах и трубах, применяя провода и кабели как с медными, так и с алюминиевыми жилами сечением для вторичных цепей не менее  $2,5 \text{ мм}^2$  для медных и  $4 \text{ мм}^2$  для алюминиевых жил.

Вторичные цепи на кранах, работающих с жидким и горячим металлом (разливочные, заливочные и завалочные краны, краны нагревательных колодцев и др.), и на быстросходных кранах (уборочные краны, перегружатели) выполняются проводами и кабелями с медными жилами и термостойкой изоляцией.

Алюминиевые жилы проводов и кабелей в первичных цепях кранов должны быть многопроволочными сечением не менее  $16 \text{ мм}^2$ . Провода и кабели с однопроволочными алюминиевыми жилами в первичных цепях кранов не применяются.

На электроталях, работающих как отдельно, так и входящих в состав других грузоподъемных машин, применяют защищенные провода с медными жилами сечением: во вторичных цепях и цепях электромагнита тормоза — не менее  $0,75 \text{ мм}^2$ ; в цепях электродвигателей — не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ ; кроме того, в указанных случаях допускается применение защищенных проволочных проводов с алюминиевыми жилами сечением  $2,5 \text{ мм}^2$ .

Присоединение посторонних токоприемников к главным троллеям магнитных кранов, кранов, транспортирующих жидкий металл, не допускается. Заземление и зануление на кранах выполняют в соответствии с требованиями ПУЭ. Считается достаточным, если части, подлежащие заземлению или занулению, присоединены к металлическим конструкциям крана; при этом должна быть обеспечена непрерывность электрической цепи металлических конструкций. Если электрооборудование крана установлено на его заземленных металлических конструкциях и на опорных поверхностях предусмотрены зачищенные и незакрашенные места для обеспечения электрического контакта, то дополнительного заземления не требуется.

Рельсы кранового пути должны быть надежно соединены на стыках (сваркой, приваркой перемычек достаточного сечения, приваркой к металлическим подкрановым балкам) для создания непрерывной электрической цепи. В электроустановках, для которых в качестве защитного мероприятия применяется заземление или зануление, рельсы кранового пути должны быть соответственно заземлены или занулены.

При установке крана на открытом воздухе рельсы кранового пути, кроме того, должны быть соединены между собой и заземлены; при этом для заземления рельсов необходимо предусматривать не менее двух заземлителей, присоединяемых к рельсам в разных местах.

Стыки рельсов, по которым перемещается кран, надежно соединяют путем приварки перемычек, образуя непрерывную электрическую цепь. Кроме того, на кранах, установленных на открытом воздухе, рельсы подкранового пути соединяют между собой. При управлении с пола корпуса кнопочных аппаратов управления, если они выполнены не из изоляционного материала, заземляют не менее чем двумя проводниками.

Различают мостовые краны: однобалочные и двухбалочные (рис. 7-1), с ручным и электрическим приводом, с кабиной управления и управляемые с пола (земли). В зависимости от типа грузозахватного органа мостовые краны подразделяют на крюковые (с одним или двумя крюками), магнитные (с подъемным электромагнитом) и грейферные. Некоторые краны снабжаются специальными грузозахватными органами (клешами, лапами и т. п.). По способу расположения мостовые краны бывают опорными и подвесными.

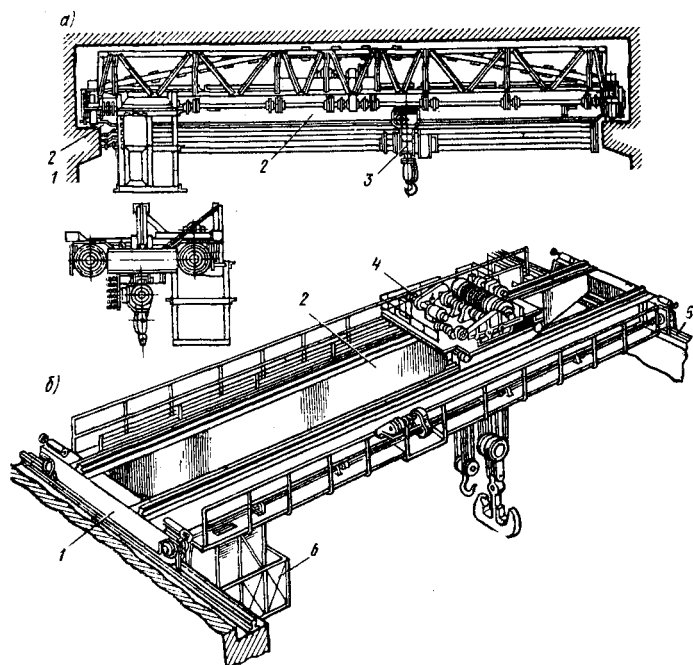


Рис. 7-1. Типы мостовых кранов:

*a* — однобалочный; *б* — двухбалочный; 1 — концевая балка; 2 — главная продольная балка (мост); 3 — тельфер; 4 — тележка; 5 — подкрановые пути; 6 — кабина управления

Применяют также краны специального назначения: для выталкивания слитков из изложниц; клещевые для обслуживания шахтных нагревательных печей, мульдозавалочные краны, предназначенные для завалки твердой шихты в печи и др. Для вертикального и горизонтального перемещения грузов по однорельсовому пути в виде двутавровой балки применяют электротали (тельферы).

На электрических кранах устанавливают электродвигатели, пусковые и регулировочные сопротивления, тормозные электромагниты, контроллеры, защитную, пускорегулирующую, сигнальную, блокировочную и осветительную аппаратуру, конечные выключатели, токосъемники, электротали. Аппараты управления краном размещают в кабине управления так, чтобы можно было работать сидя.

### § 7-2. Монтаж троллеев и электропроводки

**Монтаж троллеев.** Троллейные провода выполняют из гибких голых проводников круглого или профильного сечения, из стали жестких профилей (уголок, швеллер, рельс и т. п.) или в виде закрытых троллейных шинопроводов. Троллейные провода из гибких проводников подвешивают с жестким или свободным креплением. Стальные жесткие профили на опорных конструкциях закрепляют жестко. В качестве опорных конструкций применяют кронштейны различных типов и троллеедержатели (рис. 7-2).

Монтаж троллейных проводников состоит из работ, выполняемых на строительной площадке, и комплектации в мастерских. Стальные троллеи свободной подвески иногда комплектуют из нескольких стальных проводов круглого сечения диаметром 6—8 или 10 мм (провода соединяют в пучок с помощью коромысла). При такой конструкции должно быть достигнуто одинаковое усилие тяжения каждого провода в пучке для получения необходимого контакта между каждым проводом и токосъемником.

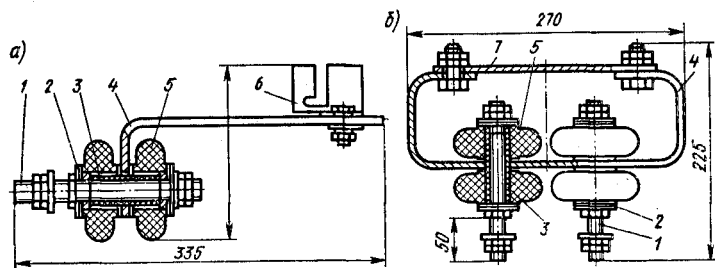


Рис. 7-2. Троллеедержатели:

а — типа ДТ-2И-М; б — типа ДТН-2А-1; 1 — шпилька с гайками; 2 — резиновые шайбы; 3 — полиэтиленовые трубки; 4 — несущая стальная скоба; 5 — изоляторы троллейбусные; 6 — держатель троллея; 7 — пластина с прорезями

Концы стальных круглых проводов следует соединять электросваркой на стыковом сварочном аппарате. Одновременно ведут комплектацию опорных конструкций заводского изготовления. Последняя операция в мастерских — сборка блоков троллеев. Размер блоков определяется возможностью перевозки их на монтаж. Обычно блоки делают длиной 6 м. При сборке блоков на опорные конструкции устанавливают троллеедержатели и на них монтируют троллеи. Собранные таким образом блоки троллеев доставляют на место их установки, монтируют с применением инвентарных подмостей или люлек подобно монтажу шинопроводов (см. рис. 2-27).

Работу по монтажу главных троллеев начинают с разметки горизонтальной линии трассы, которая отбивается по отметкам подкранового рельса. Затем размечают места установки опорных конструкций, а для троллеев из гибких проводников также и места закрепления натяжных устройств. Максимальное расстояние между опорными конструкциями для жестких троллейных проводников принимают 2—3 м, для гибких — 6 м. Опорные конструкции к металлическим и железобетонным подкрановым балкам крепят приваркой, пристреливанием пистолетом или с помощью заделанных в балки крепежных деталей. Натяжные устройства к стенам крепят сквозными болтами. Троллеи натягивают до получения стрелы провеса такой величины, при которой токосъемник может свободно продвигаться между полками опорных конструкций, а необходимый контакт между троллеем и токоприемником осуществляется за счет массы троллея.

Для гибких троллеев свободной подвески опорные конструкции, прикрепленные к подкрановым балкам, служат лишь в качестве поддерживающих опор, на которых монтируют детали из изоляционных материалов. Для гибких троллеев жесткой подвески применяют троллейный провод специального профиля и крепят его жестко на каждой опоре к изолятору (рис. 7-3, а). Такие троллеи подвешивают в такой последовательности: троллей укладывают на опорные конструкции; его концы закрепляют и натягивают до допустимого предела; временно их закрепляют на поддерживающих изоляторах, а затем, выбрав натяжной муфтой образовавшийся излишек длины, окончательно закрепляют провод.

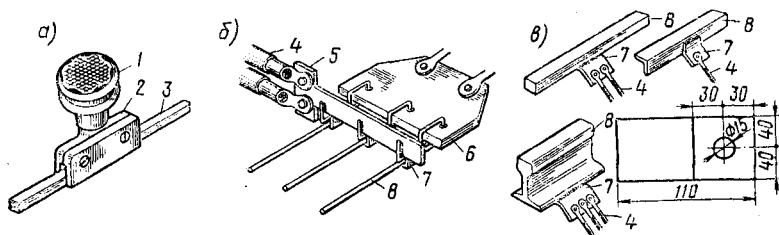


Рис. 7-3. Отдельные узлы монтажа троллеев:

1 — изолятор; 2 — держатель; 3 — провод; 4 — питающий провод; 5 — контактная планка; 6 — коромысло; 7 — зажим; 8 — троллей



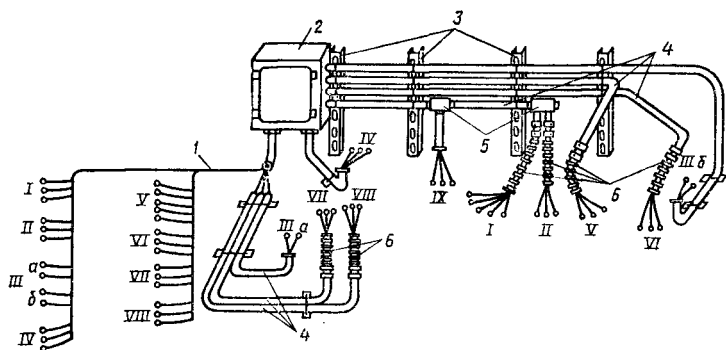


Рис. 7-4. Блок электропроводки для тележки мостового крана:

*I* — струна (сталь круглая); *2* — протяжной ящик; *3* — перфорированный профиль; *4* — стальные трубы; *5* — коробка ответвительная; *6* — металлорукава; выводы *I, II* — статорные и роторные концы электродвигателя тележки; *IIIa, IIIб* — выключатели конечные главного и вспомогательного подъема; *IV* — тормоз вспомогательного подъема; *V, VI* — статорные и роторные концы электродвигателя главного подъема; *VII, VIII* — статорные и роторные концы электродвигателя вспомогательного подъема; *IX* — тормоз тележки

Участок крановых троллеев в пределах ремонтного загона электрически изолируют от рабочей части троллеев с помощью изолирующих стыков. Изоляцию стыков выполняют в виде воздушных зазоров такой ширины, чтобы при нормальной работе токосяемник перекрывал этот зазор.

Питающие провода или кабели подсоединяют к гибким троллеям со свободной и жесткой подвесками с помощью контактного башмака (рис. 7-3, б). Причем при свободной подвеске питание подводят только к одному из концов троллейной линии. Питающие провода или кабели к троллеям жесткой конструкции подсоединяют через питающие планки (рис. 7-3, в).

**Монтаж электропроводки.** Этот монтаж на кранах выполняют в стальных трубах, в коробах, непосредственно по крану проводом или кабелем марок, соответствующих условиям окружающей среды (см. гл. 2), путем заготовки блоков электропроводки в мастерских (рис. 7-4). Условия окружающей среды влияют также на выбор типа проводки, определяемой проектом. Трубы и коробка при подходах к зажимам контроллера располагаются так, чтобы оставалось место для свободного доступа к частям контроллера. Концы труб при подходе к аппаратуре и провода, выходящие из труб, надежно и жестко закрепляют.

Подводку к ящикам сопряжения выполняют голыми проводами или шинами, прочно закрепленными как в наконечниках, так и в месте соединения их с изолированным проводом или кабелем. Места соединения питающих проводов с выводами обмоток электродвигателей изолируют прорезиненной лентой, лентой из лакоткани и затем повторно прорезиненной лентой, укладывая каждую изоляцию в два слоя.

### § 7-3. Монтаж электрических машин и аппаратов

Аппаратуру и электропроводку кабины крана монтируют в мастерских. Затем кабину доставляют на строительную площадку, устанавливают на кран и подключают к электрической схеме крана. Пускорегулирующие сопротивления, собираемые в виде ящиков сопротивления, промышленность выпускает в открытом и защищенном исполнениях. На кранах их располагают или в кабине управления, или на мосту, а в помещениях щитов станций управления — вверху у стены с таким расчетом, чтобы сократить по возможности длину соединительных проводов и обеспечить отвод теплоты, выделяемой ими при работе, не ухудшая этим условий работы проводов и другой аппаратуры.

Ящики сопротивлений устанавливают так, чтобы их элементы располагались «на ребро». Ящики сопротивлений в количестве не более трех можно укреплять непосредственно один над другим. При большем количестве (не более шести) для них изготавливают металлический каркас в виде этажерки. При установке следят за тем, чтобы выводы от элементов сопротивлений находились с одной стороны ящиков сопротивлений. Все соединения между ящиками выполняют голыми стальными или медными проводами и шинами. Ошиновку делают максимально короткой.

Тормозные электромагниты устанавливают непосредственно у шкива электродвигателя (на место, предусмотренное для этой цели при изготовлении агрегата на заводе) и закрепляют болтами. При установке обеспечивают строго вертикальное положение электромагнита и одинаковый зазор между тормозными колодками и барабаном по всей длине колодок; при этом перекося недопустим. Не должно быть также заеданий и перекося якоря электромагнита, так как они вызывают перегревы и даже сгорание его обмотки. Сопряжение якоря с тормозом делают так, чтобы обеспечить плавный спуск и подъем тормозных колодок.

В чертежах, присылаемых заводами-изготовителями, обычно указывают место в кабине, где должны находиться барабанные или кулачковые контроллеры. Для устранения вибраций частей контроллера и предохранения проводов от поломок и ослабления контактных соединений контроллеры следует прочно крепить или к полу или к конструкциям. Установленные контроллеры проверяют по отвесу и уровню. Для удобства обслуживания высота штурвала контроллеров над уровнем пола кабины — не более 1150 мм.

Конечные выключатели передвижения мостовых кранов размещают на специальных конструкциях по бокам поперечной фермы крана, а выключатели передвижения тележки — на концах ее направляющих. Ограничительные рейки или выключающие упоры относительно отключающего рычага конечного выключателя должны фиксироваться так, чтобы их оси совпадали. Длину ограничительной рейки и место установки отключающего упора определяют в зависимости от длины пути торможения при максимальной

скорости движения подвижной части механизма. Электрооборудование кранов в настоящее время монтируется промышленным методом на заводах-изготовителях или в мастерских электромонтажных заготовок.

#### § 7-4. Техника безопасности

Особенности монтажа электрооборудования кранов требуют соблюдения соответствующих мер безопасности. Все места, откуда возможно падение людей, должны быть ограждены. Вход на кран допускается только по специально устроенной для этого лестнице с перилами. Инструменты, материалы и оборудование поднимать на кран следует только с помощью пеньковой веревки.

Зону под монтируемым краном ограждают и вывешивают плакат «*Проход запрещен! Вверху работают*». Работа с электроинструментом допускается лишь в резиновых перчатках и галошах; при этом инструмент должен быть заземлен. Электроэнергию к электроинструменту подводят по шланговому проводу с исправной изоляцией. В местах, где можно упасть, работают в предохранительном поясе. Электросварочные провода должны иметь надежную изоляцию, а сварщик — работать в резиновых галошах или сапогах. Запрещается использование смонтированных троллеев в качестве подводки электроэнергии при производстве работ. Категорически запрещается передвигаться по подкрановым путям.

#### *Контрольные вопросы*

1. Как монтируют главные троллейные токопровода с жестким и свободным креплением?
2. Как монтируют электропроводку на кране?
3. Назовите прогрессивные методы монтажа электрооборудования кранов и тельферов.
4. Какие особые меры техники безопасности следует соблюдать при монтаже электрооборудования кранов?

## **Раздел II. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

### **Глава 8. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

#### **§ 8-1. Задачи эксплуатации и управления энергетическим хозяйством**

**Задачи энергетического хозяйства предприятия.** Энергетическая служба обязана обеспечивать надежное, бесперебойное и безопасное снабжение производства всеми видами энергии и энергоносителей. Она призвана обеспечивать выполнение производственной программы предприятия, не принимая непосредственное участие в выпуске продукции. В то же время без энергетической службы не может осуществляться производственная деятельность предприятия, невозможен выпуск продукции. В отличие от других видов оборудования (например, станочного) выход из строя или авария энергетического оборудования (трансформатора, электродвигателя, котла, компрессора и др.), а также участка энергетической сети имеет не только самостоятельное значение, но и может вызвать простои производственных участков, цехов.

Состояние энергетического оборудования и сетей во многом определяет условия труда работающих на предприятиях (степень освещенности, уровень шума, обеспечение микроклимата), следовательно, активно влияет на производительность труда. От исправности энергетического оборудования и сетей зависит экономичность режимов работы энергетического и технологического оборудования. Поэтому должна быть тщательно продумана система профилактического контроля и ремонтов энергетического оборудования и сетей в сочетании с их резервированием.

Так как энергетическая служба не создает непосредственно материальных ценностей, входящих в товарную продукцию предприятия, и ее деятельность связана с увеличением накладных расходов, то выполнение возложенных на нее задач должно производиться с минимальными затратами.

Важный фактор в работе промышленных предприятий — экономия топлива-энергетических ресурсов. Почти на каждом предприятии имеются непроизводительные расходы топлива и электроэнергии, например, расход электроэнергии на холостой ход оборудования; потери электроэнергии, связанные с применением недогруженного электрооборудования; неоправданное использование электрического света в дневные часы и др. Борьба с непроизводительными затратами электроэнергии имеет большое народнохозяйственное значение.

**Управление энергетическим хозяйством.** Руководство энергетическим хозяйством предприятия, его бесперебойное и рациональное снабжение всеми видами энергии, эксплуатация и ремонт

энергетического оборудования и энергетических сетей осуществля-  
ется отделом главного энергетика. Отдел главного энергетика  
возглавляется главным энергетиком, который административно  
и технически подчиняется непосредственно главному инженеру  
предприятия. Конкретная структура отдела главного энергетика  
(ОГЭ) определяется задачами, возлагаемыми на ОГЭ в конкрет-  
ных условиях данного предприятия. Несмотря на разнообразие  
задач и функций энергетической службы на различных предприя-  
тиях, организационная структура и масштабы ОГЭ зависят от  
объема и сложности энергетического хозяйства с учетом ответ-  
ственности энергетических объектов за обеспечение бесперебойной  
работы предприятий и особых требований к эксплуатации со сторо-  
ны техники безопасности.

На рис. 8-1 приведена схема организационной структуры ОГЭ  
для энергетического хозяйства средней сложности. На схеме пока-  
заны все службы, которые относятся к ОГЭ. Электрохозяйство  
является составной частью энергетического хозяйства предприя-  
тия. Пунктирной линией обведены подразделения, относящиеся  
к электрохозяйству или занимающиеся всеми вопросами ОГЭ,  
включая вопросы электрохозяйства.

Проектно-конструкторское электробюро имеет своей основной  
задачей техническое обеспечение эксплуатации, ремонтных и мон-  
тажных работ, ведущихся энергетическими цехами. При необходи-  
мости организуются специализированные бюро по обслуживанию

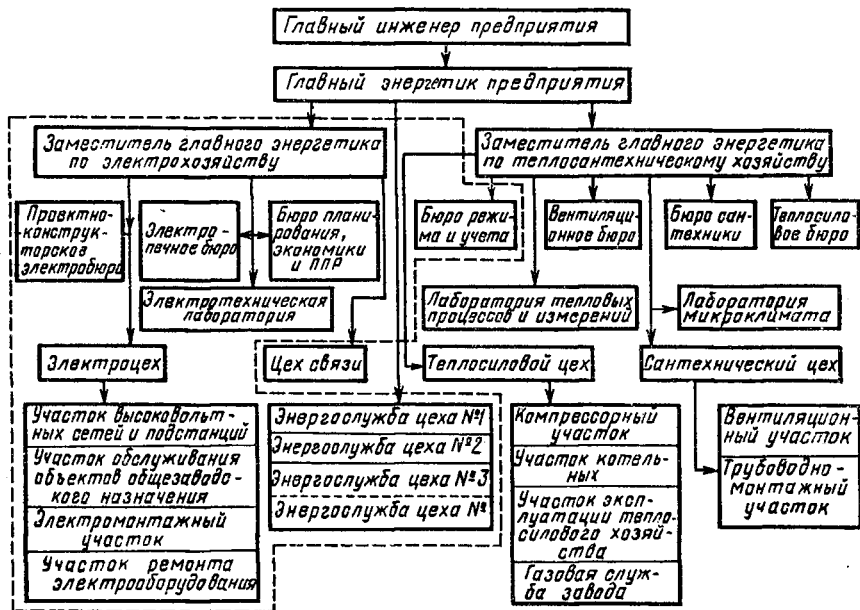


Рис. 8-1. Схема организационной структуры ОГЭ для энергетического хозяйства средней сложности

электропечей, сетей и других установок, потребность в которых может возникнуть на том или ином предприятии, которые несут практически те же функции, что и проектно-конструкторское бюро, но для более узкой номенклатуры оборудования и сетей.

*Бюро планирования*, экономики и планово-предупредительного ремонта (ППР) осуществляет планирование работы всех подразделений энергетического хозяйства; ведет проверку выполнения текущих планов всеми подразделениями; анализирует экономическую деятельность энергетической службы; разрабатывает мероприятия по совершенствованию ППР. *Бюро режима и учета* ведет учет расхода энергии и топлива; проводит необходимую работу по экономии. *Электротехническая лаборатория* выполняет различные наладки, проверки, приемку оборудования; осуществляет технический надзор за монтажными, ремонтными и наладочными работами; принимает участие в проверке знаний и т. п.

*Электроцех* осуществляет эксплуатацию подстанций и высоковольтных сетей, обслуживает наиболее сложное электрооборудование (высоковольтное, электрические печи, грузоподъемные машины и т. п.), установленное в цехах, ремонтирует электрооборудование.

Эксплуатация энергетического хозяйства в цехах осуществляется группой электриков. Небольшие цехи и отдельные участки группируют по территориальному признаку и подчиняют обслуживанию электрохозяйства одной группе электриков. Цеховые электрики выполняют техническое обслуживание цеховых электроустановок и некоторые виды текущего ремонта.

Для осуществления эксплуатации и ремонта электрооборудования предприятие располагает оперативным, эксплуатационным, ремонтным и ремонтно-эксплуатационным персоналом.

*Оперативный персонал* энергетической службы обеспечивает выработку, распределение, преобразование и учет всех видов энергии и энергоносителей; контроль и необходимую регулировку их параметров; контроль за режимами работы энергетических установок. К нему относится дежурный персонал электроподстанций, машинисты котельных, компрессорных, насосных, кислородных и т. п. Оперативный персонал в случаях, когда это не отвлекает его от выполнения основных функций и не запрещено правилами безопасности обслуживания соответствующих установок, может полностью или частично выполнять работы по техническому обслуживанию.

*Эксплуатационный персонал* энергетической службы обеспечивает выполнение работ по техническому обслуживанию закрепленного за ним оборудования и сетей.

*Ремонтный персонал* энергетической службы обеспечивает выполнение работ по ремонту энергетического оборудования и сетей.

*Ремонтно-эксплуатационный персонал* — персонал, входящий в состав комплексных ремонтно-эксплуатационных бригад, обеспе-

чивающих выполнение работ по техническому обслуживанию и по производству ремонтов энергетического оборудования и энергетических сетей. Как правило, капитальные ремонты выполняются ремонтным персоналом.

#### **Требования, предъявляемые к эксплуатационному персоналу.**

К персоналу, обслуживающему электрохозяйство промышленного предприятия, предъявляется ряд требований, из которых важнейшими являются технические знания и практические навыки, необходимые для выполнения порученных обязанностей; умение оказать первую помощь пострадавшему при несчастных случаях; иметь общее понятие о технологии обслуживаемого предприятия.

Все вновь поступающие на работу подвергаются медицинскому осмотру (перечень болезней, препятствующих выполнению обязанностей на том или ином участке электрохозяйства промышленных предприятий, приведен в ПТЭ. Там же даны указания о сроках, по истечении которых обслуживающий персонал подвергается повторным медицинским осмотрам). Затем проходят предварительную подготовку: знакомятся с оборудованием и аппаратурой, которые им придется обслуживать; изучают в необходимом объеме ПТЭ и местные эксплуатационные и должностные инструкции, правила по технике безопасности.

Обучение сопровождается показом практических навыков на рабочем месте работником, обслуживающим электрохозяйство данного предприятия. После обучения квалификационная комиссия (состав которой зависит от категории работника и определяется ПТЭ) проверяет на рабочем месте знания вновь поступающего работника.

Правила технической эксплуатации предусматривают деление персонала, обслуживающего электроустановки, по знаниям техники безопасности на пять групп. На основании произведенной проверки квалификационная комиссия присуждает проверяемому соответствующую группу. Результаты проверки знаний регистрируют в специальном журнале. При неудовлетворительной оценке проверка повторяется через некоторое время. Если электротехнический персонал в процессе работы нарушил ПТЭ или действующие местные инструкции, то его подвергают внеочередной повторной проверке знаний. Повторную проверку знаний назначают также в случае, если изменяется характер выполняемой работы.

Повышению технических знаний персонала способствует определение причин аварий и несчастных случаев. При этом выявляются причины и обстоятельства происшедшего случая, устанавливаются его виновники и принимаются меры для предотвращения подобных случаев. Происшедшие аварии и несчастные случаи обсуждают на технических совещаниях при широком привлечении эксплуатационного персонала.

## § 8-2. Организация и содержание плано-предупредительного ремонта

*Плано-предупредительный ремонт (ППР)* является совокупностью организационно-технических мероприятий по планированию, подготовке, организации проведения, контроля и учета различного вида работ по техническому уходу и ремонту энергетического оборудования и сетей. ППР проводится по заранее составленному плану и обеспечивает безотказную, безопасную и экономичную работу энергетических устройств предприятия при минимальных ремонтных и эксплуатационных затратах.

Профилактическая сущность ППР состоит в том, что после заранее определенной наработки оборудования или участка сети проводятся плановые осмотры, проверки, испытания и ремонт, которые обеспечивают дальнейшую нормальную работу оборудования и сети.

ППР предусматривает следующие виды работ: техническое обслуживание, осмотры, проверки (испытания), текущий и капитальный ремонт. В последние годы промышленность перешла на двухвидовую структуру ремонта, которая не предусматривает среднего ремонта, а работы, которые проводятся при среднем ремонте, относят к текущему либо к капитальному ремонту.

Основой системы ППР, определяющей трудовые и материальные затраты на ремонт, является ремонтный цикл и его структура. *Ремонтный цикл* — это продолжительность работы оборудования в годах между двумя капитальными ремонтами. Для нового оборудования ремонтный цикл исчисляется с момента ввода его в эксплуатацию до первого капитального ремонта.

*Структурой ремонтного цикла* называют порядок расположения и чередования различных видов ремонтов и осмотров в пределах одного ремонтного цикла. Время работы оборудования, выраженное в месяцах календарного времени между двумя плановыми ремонтами, называется *межремонтным периодом*. Разрабатывая ППР для конкретного электрооборудования, величину ремонтного цикла и его структуру назначают такими, чтобы была обеспечена надежная работа оборудования при заданных условиях. Состав и объем работ, осуществляемых при техническом обслуживании и ремонтах конкретного оборудования, приводится в соответствующих главах. Общие требования к этим работам следующие.

*Техническое обслуживание* — комплекс работ для поддержания в исправности оборудования и сетей. Оно предусматривает уход за оборудованием и сетями; проведение осмотров; систематическое наблюдение за их исправным состоянием; контроль режимов работы; соблюдение правил эксплуатации и эксплуатационных инструкций; устранение мелких неисправностей, не требующее отключения оборудования и сетей; регулировку, чистку, продувку и смазку.

В задачу технического обслуживания входит также быстрое, не требующее текущего ремонта, восстановление работоспособности



отключившегося оборудования или участка сети. Техническое обслуживание проводится в процессе работы оборудования и сетей с использованием перерывов, нерабочих дней и смен. Допускается кратковременная остановка оборудования и отключения сетей в соответствии с местными инструкциями, ПТЭ и ПТБ для предотвращения аварийных ситуаций.

Техническое обслуживание является одним из важнейших профилактических мероприятий системы ППР и выполняется силами эксплуатационного или эксплуатационно-ремонтного персонала. Правильно организованное техническое обслуживание — гарантия безотказной и экономичной работы энергетического оборудования и сетей.

*Осмотры* планируются как самостоятельные операции лишь для некоторых видов энергетического оборудования и сетей с относительно большой трудоемкостью ремонта. Во время осмотра проверяют состояние оборудования; проводят чистку, промывку, продувку, добавку или смену изоляционных, смазочных масел; выявляют дефекты эксплуатации и нарушения правил безопасности, уточняют состав и объем работ, подлежащих выполнению при очередном капитальном ремонте.

*Проверки (испытания)* как самостоятельные операции планируют лишь для особо ответственного энергетического оборудования. Они обеспечивают контроль за эксплуатационной надежностью и безопасностью обслуживания оборудования и сетей в период между двумя плановыми ремонтами; позволяют своевременно обнаружить и предупредить возникновение аварийной ситуации. В проверку входят, например, испытания электрической прочности и измерение сопротивления электрической изоляции.

Профилактические испытания предупреждают серьезные аварии и уменьшают затраты на аварийные ремонты. Профилактические испытания не исключают возможности повреждений в процессе их проведения (кабель может быть пробит при испытании повышенным напряжением); но они предупреждают возможность неожиданного выхода из строя энергетического оборудования или сети в процессе эксплуатации. Даже если при этом не будет экономии во времени простоя энергетического оборудования и затратах на его ремонт, его плановый простой на время, согласованное с условиями производства, не вызовет вынужденного, непредусмотренного простоя технологического оборудования.

При проведении профилактических испытаний ремонтная служба готовится к возможным ремонтным работам. Таким образом, своевременные проверки и испытания резко сокращают простой и возможности получения брака продукции, возникающие при перерывах в электроснабжении.

*Текущий ремонт* — вид ремонта оборудования и сетей, при котором путем чистки, проверки, замены быстроизнашивающихся частей и покупных изделий, а в необходимых случаях наладкой обеспечивается поддержание оборудования или сетей в работоспособном состоянии. Текущий ремонт требует остановки оборудования

и отключения сетей. С учетом того, что он для большей части оборудования проводится без полной разборки основных узлов и без вскрытия подземных и скрытых сетей, его выполняют с использованием нерабочих дней и смен.

Текущий ремонт является основным профилактическим видом ремонта, обеспечивающим долговечность и безотказность работы энергетического оборудования и сетей.

*Капитальный ремонт* — наиболее сложный и полный по объему вид ППР. При нем делается полная разборка оборудования или вскрытие сети; восстановление или замена изношенных деталей, узлов элементов или участков; ремонт базовых деталей, обмоток, коммуникационных устройств (траншей, каналов, эстакад, опор и т. п.). Кроме того, проводится регулирование, наладка и полная программа испытаний согласно ПТЭ и ПТБ с доведением всех характеристик и параметров оборудования или сетей до номинальных паспортных данных с обеспечением работоспособности на период до очередного капитального ремонта. Капитальный ремонт требует останова оборудования и отключения сетей.

При капитальном ремонте в экономически обоснованных случаях может проводиться модернизация оборудования и сетей. При модернизации энергетического оборудования и сети приводятся в соответствие с современными требованиями и улучшают их характеристики — мощность, производительность, надежность, долговечность, ремонтпригодность, условия обслуживания и безопасность и другие показатели путем внедрения частичных изменений и усовершенствований в их схемах и конструкциях, а для сетей также способа прокладки.

Капитальный ремонт может проводиться на специализированных ремонтных предприятиях (СРП) *централизованно* или на предприятиях, эксплуатирующих оборудование, собственными силами *децентрализованно*. Оба принципа организации ремонта энергетического оборудования — централизованный и децентрализованный — не исключают, а дополняют друг друга, имеют широкое распространение, свои области применения.

За последние годы количество СРП и их мощность значительно выросли; повысились технический уровень технологии и уровень организации централизованного ремонта; снизилась себестоимость ремонта, улучшилось его качество. Основные экономические показатели при централизованном ремонте — себестоимость, производительность труда, фондоотдача с единицы производственной площади — значительно лучше, чем при децентрализованном. Поэтому каждое предприятие должно максимально использовать возможность передачи ремонта, испытаний и наладки энергетического оборудования и сетей специализированным ремонтно-наладочным организациям. Ремонт силами ремонтной службы предприятия следует проводить лишь для тех видов энергетического оборудования и сетей, которые в настоящее время централизованно не ремонтируются или которые в конкретных условиях ремонтировать централизованно экономически нецелесообразно.

Специализированные предприятия проводят, как правило, лишь капитальный ремонт электрооборудования, а он по своей трудоемкости составляет в зависимости от вида оборудования 7—18 %. Остальные 82—93 % составляют затраты на профилактические виды ремонта и технического обслуживания. Поэтому развитие централизованного ремонта не исключает в настоящее время совершенствование организации профилактических ремонтов энергетического оборудования и сетей непосредственно на каждом предприятии силами ремонтных служб предприятий. При дальнейшем развитии СРП, когда они смогут принять на себя производство всех видов ремонта для всех видов энергооборудования и сетей, предприятия получат возможность полностью ликвидировать свои ремонтные базы (цехи, участки, мастерские). Возможность централизации в таких масштабах подтверждается практикой ряда производственных и строительных объединений.

На предприятиях капитальный ремонт проводится, как правило, в электроремонтных цехах, а остальные виды ремонта могут проводиться централизованно, децентрализованно или иметь смешанную организацию ремонта. На небольших предприятиях с небольшим количеством электрооборудования все виды ремонта централизованы; на крупных предприятиях и средних используют децентрализованную или смешанную форму.

Планово-предупредительный ремонт электрооборудования и сетей осуществляется в соответствии с годовым планом — графиком, который согласовывается с главным механиком предприятия, заинтересованными службами и утверждается главным энергетиком предприятия. Годовой план ППР является основным документом, на основе которого определяют срок ремонта, потребность в ремонтно-эксплуатационном персонале, в материалах, запасных частях, в покупных комплектующих изделиях. Ремонт электрооборудования и сетей, работающих с сезонной нагрузкой (котельные, бойлерные, холодильные, насосные установки, системы кондицио-

Таблица 8-1

Условия работы электрических машин	Расчетный коэффициент спроса $k_c$	Продолжительность ремонтного цикла $T_{\text{табл.}}$ лет	Продолжительность межремонтного периода $t_{\text{табл.}}$ мес
Сухие помещения (цехи холодной обработки металла и им подобные)	0,25	12	12
Горячие, химические, гальванические и им подобные цехи	0,45	4	6
Загрязненные участки (деревобрабатывающие, обработки чугуна, сухой шлифовки и им подобные)	0,25	6	8
Длительные циклы непрерывной работы и с высокой степенью загрузки	0,75	9	9

нирования воздуха и т. п.), предусматривается в период их наименьшей загрузки для исключения или сведения до минимума производственных потерь, связанных с простоем оборудования из-за ремонта.

Продолжительность и структура ремонтного цикла, а также продолжительность межремонтного периода определяют, исходя из нормальных условий эксплуатации, которые приведены в табл. 8-1.

Нормы, приведенные в табл. 8-1, относятся ко всем электрическим машинам, работающим в две смены с указанным коэффициентом спроса. Для другой сменности работы вводится поправочный коэффициент  $\beta_p = 2/k_{см}$ , числовое значение которого составляет:

Сменность работы $k_{см}$ . . . . .	.1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3,0
Поправочный коэффициент $\beta_p$ . . . . .	.2	1,6	1,35	1,13	1	0,8	0,67

Коэффициент спроса определяется как отношение средней за некоторый период времени активной нагрузки  $P_{акт}$  данного оборудования к его установленной мощности  $P_{уст}$ :  $k_c = P_{акт}/P_{уст}$ . Если фактический коэффициент спроса  $k_{с.ф.}$  отличается от значений  $k_c$ , указанных в табл. 8-1, вводят поправочный коэффициент  $\beta_n$ :

$k_{с.ф.}/k_c$ . . . . .	0,5	0,75	1,0	1,0	1,2	1,3
$\beta_n$ . . . . .	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7

Поправочные коэффициенты вводят также при определении продолжительности ремонтного цикла и межремонтных периодов для: коллекторных машин постоянного и переменного тока  $\beta_k = 0,75$ ; передвижных установок  $\beta_c \approx 0,6$ ; машин, отнесенных к категории основного оборудования,  $\beta_o \approx 0,85$  (при определении ремонтного цикла) и  $\beta_o = 0,7$  (при определении межремонтного периода).

Таким образом, плановая продолжительность ремонтного цикла коллекторного электродвигателя передвижной установки, относящегося к основному энергетическому оборудованию и работающего с коэффициентом сменности  $\beta_p$  и коэффициентом использования  $\beta_n$ , составляет  $T_{пл} = T_{табл} \beta_k \beta_p \beta_o \beta_c$ , где  $T_{табл}$  — продолжительность ремонтного цикла, найденная из табл. 8-1. Соответственно плановая продолжительность межремонтного периода для этой машины  $t_{пл} = t_{табл} \beta_k \beta_p \beta_n \beta_o \beta_c$ , где  $t_{табл}$  — величина межремонтного периода, найденная из табл. 8-1.

Нормы трудоемкости текущего и капитального ремонта для наиболее распространенных трехфазных асинхронных электродвигателей напряжением до 660 В с короткозамкнутым ротором приведены в табл. 8-2. Они установлены из опыта работы ряда электроремонтных цехов и заводов различных министерств.

Таблица 8-2

Мощность, кВт	Норма трудоемкости, чел-ч		
	капитального ремонта с пол- ной перемоткой обмотки	капитального ремонта без перемотки обмотки	текущего ремонта
До 0,8	11	6	2
0,81—1,5	12	6	2
1,6—3,0	13	7	3
3,1—5,5	15	8	3
5,6—10	20	11	4
10,1—17	27	14	6
17,1—22	32	17	7
22,1—30	40	21	8
30,1—40	47	25	10
40,1—55	55	29	12
55,1—75	69	37	15
75,1—100	85	44	18
101—125	110	57	22
126—160	130	68	27
161—200	140	75	30

При ремонте электрических машин другого вида увеличение или уменьшение трудоемкости учитывается путем введения следующих коэффициентов  $\beta$ :

$n$ , об/мин	$\beta$
3000 . . . . .	0,8
1500 . . . . .	1,0
1000 . . . . .	1,1
750 . . . . .	1,2
600 . . . . .	1,4
500 и ниже . . . . .	1,5
Для коллекторных машин постоянного и переменного тока	1,8
Для синхронных машин . . . . .	1,2
Для электродвигателей с фазным ротором, взрывозащищенных, крановых, погружных и многоскоростных . . . . .	1,3

При наличии нескольких показателей вводят поправочные коэффициенты. Так, например, для взрывозащищенного электродвигателя с фазным ротором дважды вводят коэффициент 1,3.

Следует учитывать, что приведенные нормы применяются только при планировании рабочей силы и мощностей ремонтных служб.

### § 8-3. Порядок приемки в эксплуатацию вновь смонтированного электрооборудования и сетей

Смонтированное электрооборудование и сети принимают в эксплуатацию государственные приемочные комиссии. До предъявления объектов государственным комиссиям рабочие комиссии, назначаемые заказчиком, должны проверить соответствие проектам объектов и смонтированного оборудования; результаты

испытаний и комплексного апробирования оборудования; подготовленность объектов к нормальной эксплуатации и выпуску продукции, включая выполнение мероприятий по обеспечению здоровых и безопасных условий труда и защиты природной среды; качество строительно-монтажных работ и принять эти объекты. Результатом комплексного апробирования оборудования на рабочих режимах должно быть начало выпуска продукции в соответствии с нормами освоения проектной мощности в начальный период.

По результатам проверок составляют акт о готовности объекта для предъявления государственной приемочной комиссии по установленной форме. Рабочую комиссию назначает заказчик. В ее состав включаются представители: заказчика — председателя комиссии, генерального подрядчика, субподрядных организаций, генерального проектировщика, органов государственного санитарного надзора, органов пожарного надзора, технической инспекции труда соответствующего ЦК или совета профсоюзов, профсоюзной организации заказчика.

Государственные приемочные комиссии принимают в эксплуатацию законченные строительством объекты только в том случае, если они подготовлены к эксплуатации (укомплектованы эксплуатационными кадрами, обеспечены энергоресурсами, сырьем и др.); на них устранены недоделки и на установленном оборудовании начат выпуск продукции.

Уникальные и особо важные объекты принимает в эксплуатацию Государственная приемочная комиссия, назначаемая Советом Министров СССР. Объекты производственного назначения принимают в эксплуатацию Государственные приемочные комиссии, назначаемые министерствами. В состав комиссий включаются представители тех же организаций, что и в рабочие комиссии, а также представители органов по регулированию и использованию и охране водной системы Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, представители заводов — изготовителей уникального технологического оборудования и исполкома райсовета.

Приемка в эксплуатацию объектов оформляется актами, которые подписываются председателем комиссии и всеми членами комиссии.

#### *Контрольные вопросы*

1. Какие задачи стоят перед службой главного энергетика?
2. Какие структуры службы главного энергетика имеются на предприятии?
3. Расскажите о содержании планово-предупредительного ремонта.
4. Какой существует порядок приемки в эксплуатацию вновь смонтированного оборудования и сетей?

## Глава 9. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВНУТРИЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ И ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### § 9-1. Приемка в эксплуатацию внутрицеховых электросетей и осветительных электроустановок после монтажа

При осмотре вновь смонтированных электросетей и осветительных установок приемочная комиссия проверяет и подтверждает, что:

а) кабели и провода имеют защиту в тех местах, где они могут подвергаться механическим повреждениям, а в местах сближения с горячими трубопроводами снабжены тепловой защитой или имеют теплостойкую изоляцию;

б) электропроводка хорошо закреплена и не имеет провисаний;

в) при прокладке кабелей в каналах производственных помещений они не имеют покрова из опасной в пожарном отношении кабельной пряжи;

г) трубы не имеют вмятин или иных повреждений, могущих затруднить протягивание через них проводов и кабелей;

д) проходы незащищенных проводов через стены, где обычно скапливаются влага и пыль, выполнены в изоляционных трубах;

е) светильники аварийного освещения имеют окраску или какие-либо другие опознавательные знаки, отличающие их от других светильников;

ж) высота подвеса светильников во избежание слепящего действия была не менее предусмотренной нормами;

з) станции управления, автоматы, пускатели и рубильники снабжены надписями, точно определяющими их назначение;

и) переносные светильники ремонтного освещения питаются от сети напряжением 36 В;

к) концевые кабельные муфты и заделки прочно закреплены и заземлены к оболочке (экрану) и броне кабеля и к заземляющему болту металлического корпуса муфты (свободный конец провода заземления оконцованный; он служит для присоединения к заземляющему болту опорной конструкции муфты или заделки);

л) разделительные уплотнения проводов и кабелей, проложенных в трубах во взрывоопасных зонах, выполнены в коробках КПП с внутренним (локальным) объемом, предусматривающим возможность испытания надежности выполнения разделительного уплотнения.

При приемке в эксплуатацию вновь смонтированных силовых и осветительных электропроводок напряжением до 1000 В мегаомметром (на напряжение 1000 В) проверяют сопротивление их изоляции. Измерение проводят на участке между двумя смежными автоматами (предохранителями) или за последними автоматами (предохранителями) между любым проводом и землей, а также между двумя любыми проводами. Сопротивление изоляции в силовых цепях измеряют при отключенных токоприемниках, аппаратах и приборах. В осветительных цепях лампы вывертывают, а штеп-

сельные розетки, выключатели, автоматы и групповые щитки оставляют присоединенными к сети. Изоляция силовых и осветительных электропроводов признается удовлетворительной, если ее сопротивление составляет не менее 0,5 МОм.

Трубы, применяемые для электропроводок во взрывоопасных зонах для открытой прокладки, окрашивают внутри и снаружи. При скрытой прокладке трубы окрашивают только внутри. Окраска открыто прокладываемых электротехнических трубопроводов отличается от окраски технологических трубопроводов. Трубы для открытой прокладки в помещениях с химически активной средой имеют снаружи и внутри антикоррозионное покрытие, предусмотренное проектом.

Разделительные уплотнения в коробках для локальных испытаний типа КПЛ (см. рис. 2-46), установленные на трубопроводах во взрывоопасных зонах классов В-1, В-1а, В-11, испытывают давлением 250 кПа (2,5 кг/см<sup>2</sup>) в течение 3 мин; допускается падение давления в разделительном уплотнении не более чем до 200 кПа (2,0 кг/см<sup>2</sup>).

При локальных испытаниях разделительных уплотнений трубопроводы давлением не испытываются. При установке на трубопроводе для разделительного уплотнения одной коробки КПР испытывается весь трубопровод, расположенный во взрывоопасной зоне после разделительного уплотнения. При этом трубопроводы после монтажа проводов и кабелей испытывают на плотность, включая и разделительное уплотнение, сжатым воздухом с давлением: 250 кПа (2,5 кг/см<sup>2</sup>) в зонах класса В-1; 50 кПа (0,5 кг/см<sup>2</sup>) в зонах классов В-1а и В-11. При этом в течение 3 мин давление не должно уменьшаться более чем на 50 %.

При испытании трубопроводов давлением клеммные коробки уплотняют резиновыми прокладками, которые по окончании испытания снимают.

## § 9-2. Эксплуатация внутрицеховых электросетей

При эксплуатации внутрицеховых электросетей состояние электроизоляционных материалов, применяемых в электропроводах, имеет большое значение. При запылении и загрязнении понижаются электроизоляционные свойства *изоляции*. Перегрев изоляции одновременно с понижением электроизоляционных свойств делает ее хрупкой и механически менее прочной. Как следствие этого возникают электрические пробой, приводящие к преждевременному выходу из строя электропроводок.

Другим элементом внутрицеховых электросетей, обеспечивающим надежную их эксплуатацию, являются *электрические контакты*, которые при эксплуатации постепенно окисляются и ослабевают. В результате этого переходное сопротивление контактов увеличивается, что вызывает их недопустимый перегрев и понижение качества. Чтобы обеспечить бесперебойную работу внутрицеховых



сетей и нормальный срок их службы, в процессе эксплуатации проводят надзор и необходимую проверку и, если после этого требуется, проводят своевременный ремонт.

Необходимая частота осмотров внутрицеховых электросетей зависит в основном от условий эксплуатации и окружающей среды. В цехах влажных, пыльных и содержащих пары и газы, вредно действующие на изоляционные электрических сетей, осмотр производят чаще, чем в цехах с нормальной средой. Сроки и содержание осмотров электросетей утверждает главный энергетик предприятия в соответствии с действующими правилами технической эксплуатации (ПТЭ) с учетом специфических особенностей каждого предприятия.

В помещениях с нормальной средой осмотр внутрицеховых электросетей обычно производят один раз в шесть месяцев, а в помещениях с неблагоприятной средой (сырые с едкими парами и др.) — один раз в три месяца. Ремонт внутрицеховых электросетей проводят по мере необходимости, на основе результатов осмотров и проверок.

Осмотр внутрицеховых электросетей разрешают проводить персоналу соответствующей квалификации с обязательным соблюдением осторожности. При осмотрах запрещается, в частности, снимать электротехнические предупредительные плакаты и ограждения, а также приближаться к частям электроустановок, находящимся под напряжением. Если при осмотре электросетей выявлены неисправности, то об этом ставят в известность непосредственного начальника и одновременно делают соответствующую запись в эксплуатационном журнале.

При осмотре внутрицеховых электросетей проверяют общее состояние наружной части электрической изоляции и отсутствие в ней видимых повреждений: прочность закрепления электропроводки и конструкций, поддерживающих кабели и другие элементы электросети, отсутствие натяжения проводки в местах ответвлений.

При осмотре автоматов, станций управления и предохранителей проверяют их исправность и соответствие нагрузке и сечению проводов. В местах, опасных в отношении поражения электрическим током, проверяют наличие предупреждающих плакатов, надписей и ограждений, а также состояние кабельных воронок, отсутствие в них течи, наличие бирок, плотность контактов в местах присоединения жил кабелей.

При осмотре электросетей необходимо также проверять состояние заземляющих устройств и надежность контактных соединений в них.

Во время осмотра внутрицеховых электросетей дежурному электромонтеру разрешается производить включение автоматов, замену трубчатых и пробочных предохранителей без снятия напряжения. Замену плавких вставок открытого типа и мелкий ремонт осветительной электропроводки можно производить лишь при отключенном напряжении.

Кроме указанных осмотров необходимо вести контроль за состоянием внутрицеховых электросетей с помощью периодических измерений величин сопротивления их электрической изоляции, нагрузок и электрического напряжения сети в различных точках. Периодичность указанных измерений, а также выбор точек для измерений зависят от местных условий; они приводятся в инструкциях предприятий. Обычно величину сопротивления изоляции электросетей проверяют в сырых и пыльных помещениях два раза в год, а в помещениях с нормальной средой — один раз.

Принимая внутрицеховые электросети после капитального ремонта, их изоляцию испытывают напряжением 1000 В промышленной частоты в течение 1 мин. Если сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром на напряжение 1000 В, составляет не менее 0,5 МОм, то испытание повышенным напряжением промышленной частоты можно заменить испытанием изоляции с помощью мегаомметра на 2500 В. При величине сопротивления изоляции менее 0,5 МОм испытание повышенным напряжением промышленной частоты является обязательным.

Рассматривая состояние изоляций электросети, следует иметь в виду, что даже при самых благоприятных условиях эксплуатации электросетей их изоляция под влиянием различных причин постепенно ухудшает свои свойства (стареет) и периодически электропроводку приходится заменять новой.

Во время эксплуатации внутрицеховых электросетей контролируют электрические нагрузки, которые могут изменяться. Перегрузки электрических сетей в течение продолжительного времени приводят к ухудшению их изоляции и сокращению длительности работы. Если произведенные проверки покажут, что перегрузки электрических сетей являются систематическими, то необходимо принять меры к разгрузке сетей или к их реконструкции. При усилении электросети надо следить за тем, чтобы токи в новых проводах и кабелях не превышали значений, установленных для них ПУЭ.

Важное значение для правильной эксплуатации электрооборудования имеет напряжение, подводимое к электроприемникам, так как оно не остается постоянным в течение суток. В часы максимального потребления электроэнергии напряжение в электросетях понижается, а в часы минимального потребления повышается. Колебания напряжения в сети могут вызываться и другими причинами. Электроприемники нормально работают до тех пор, пока колебания напряжения не выходят за определенные пределы. Допустимыми для внутрицеховых электросетей считаются колебания: для электродвигателей в пределах  $\pm 5\%$  от номинального напряжения (в отдельных случаях допускаются отклонения от номинального от  $-5$  до  $+10\%$ ); для наиболее удаленных ламп рабочего освещения в промышленных предприятиях — от  $-2,5$  до  $+5\%$ . Если проверками установлено, что колебания напряжения превышают указанные значения, то необходимо принять меры, например применить трансформаторы, допускающие регулирование напряжения.

Если во время эксплуатации какая-либо линия свыше месяца находится без напряжения, то перед ее включением внимательно осматривают и проверяют состояние ее изоляции.

Мелкий ремонт внутрицеховых электросетей включает следующие работы: замену неисправных изоляторов, выключателей и штепсельных розеток; закрепление провисшей электропроводки; восстановление электросети в местах ее обрывов; смену автоматов и предохранителей и т. п.

В объем текущего ремонта входят: ремонт неисправных участков внутрицеховой электросети, в том числе замена электропроводки с поврежденной изоляцией, включая и в трубопроводах; перетяжка проводов, имеющих недопустимо большой провес; ремонт муфт и воронок с доливкой в случае необходимости эпоксида.

Содержанием капитального ремонта является полное переоборудование внутрицеховых электросетей, включая восстановление всех изношенных элементов.

### **§ 9-3. Эксплуатация осветительных электроустановок**

При недостаточной освещенности производственных цехов промышленных предприятий у работающих ухудшается зрение, понижается производительность труда и снижается качество выпускаемой продукции. Поэтому для промышленных предприятий разработаны и являются обязательными нормы минимальной освещенности (предусмотренные СНиП и ПУЭ). Величины освещенности по этим нормам зависят от характера производства и они тем выше, чем большая точность требуется при выполнении технологических процессов и производственных операций.

При проектировании и светотехнических расчетах освещенность принимают несколько большую, чем требуется по нормам. Принимаемый запас обуславливается тем, что во время эксплуатации уровень первоначальной (проектной) освещенности с течением времени неизбежно снижается. Это происходит за счет постепенного уменьшения светового потока, который дают новые светильники и лампы, частично за счет постепенного загрязнения арматуры и некоторых других причин.

Однако принимаемый при проектировании и расчетах запас освещенности является достаточным при нормальной эксплуатации электроосветительных установок; регулярной очистке светильников, световодов, своевременной смене ламп и т. п. При неудовлетворительной эксплуатации принятый запас освещенности не может компенсировать понижающего уровня освещенности, и она становится недостаточной.

При эксплуатации осветительной электроустановки большое внимание уделяется поддержанию ее состояния на уровне, обеспечивающем бесперебойную работу предприятия. Для этого осветительную электроустановку регулярно осматривают, ремонтируют, очищают от пыли светильники, световоды и арматуру, а также своевременно заменяют перегоревшие или отслужившие лампы,

светильники, источники света для световодов. Следует иметь в виду, что на освещенность помещений большое влияние оказывает цвет окраски стен и потолков и их состояние. Окраска в светлые тона и регулярная очистка от загрязнения способствуют обеспечению требуемых норм освещенности.

Периодичность осмотров осветительных электроустановок зависит от характера помещений, окружающей среды и устанавливается главным энергетиком предприятия. Ориентировочно для помещений серых, пыльных, с едкими парами и газами и другими можно принять необходимую периодичность осмотров рабочего освещения один раз в два месяца, а в помещениях с нормальной средой — один раз в четыре месяца. Для установок аварийного освещения сроки осмотров сокращают в два раза.

При осмотрах осветительных электроустановок проверяют состояние электропроводки, щитков, осветительных приборов, автоматов, выключателей, штепсельных розеток и прочих элементов установки. Проверяют также надежность имеющихся в установке контактов: ослабленные контакты должны быть затянуты, а обгоревшие — зачищены или заменены на новые.

При эксплуатации электроосветительных установок принимаются меры по своевременному включению и отключению освещения в производственных и вспомогательных помещениях и цехах. В производственных цехах промышленных предприятий существуют два способа смены светильников, ламп: индивидуальный и групповой. При *индивидуальном способе* светильники и лампы заменяют по мере их выхода из строя; при *групповом способе* их заменяют группами (после того как они отслужили положенное количество часов). Второй способ — *групповой* — экономически выгодней, так как может быть совмещен с очисткой светильников, но связан с большим расходом ламп. При замене ламп не следует включать лампы большей мощности, чем это допускается для осветительного прибора. Завышенная мощность ламп приводит к недопустимому перегреву светильников и патронов и ухудшает состояние изоляции проводов.

Светильники и арматуру очищают от пыли и копоти в цехах с небольшим выделением загрязняющих веществ (цехи механические, металлоконструкции, инструментальные, машинные залы, кожевенные заводы и т. п.) два раза в месяц; при большом выделении загрязняющих веществ (кузнечные и литейные цехи, операционные отделения суперфосфатных заводов, отделения дробления горно-обогачительных комбинатов, прядильные фабрики, цементные заводы, мельницы и т. п.) — четыре раза в месяц.

Очищают все элементы светильников — отражатели, рассеиватели, лампы и наружные поверхности арматур. Очистку светоприемов естественного света проводят по мере их загрязнения. Рабочее и аварийное освещение в производственных цехах включают и выключают по графику, в котором предусматривают включение их лишь в то время, когда естественное освещение недостаточно для производства работ.

Электроосветительные установки при эксплуатации подвергают ряду проверок, испытаний. Сопротивление изоляции рабочего и аварийного освещения проверяют, как указано в § 9-2 настоящей главы. Исправность системы аварийного освещения проверяют, отключая рабочее освещение, не реже одного раза в квартал. Автомат или блок аварийного переключения освещения проверяют один раз в неделю в дневное время.

У стационарных трансформаторов на напряжение 12—36 В изоляция испытывается один раз в год, а у переносных трансформаторов и ламп на 12—36 В — каждые три месяца. Фотометрические измерения освещенности в основных производственных и технологических цехах и помещениях с контролем соответствия мощности ламп проекту и расчетам проводят один раз в год. Сеть аварийного освещения проверяют на исправность и готовность ее к нормальной работе. При этом проверяют, чтобы во всех светильниках и световодах были годные источники света и лампы. Автомат аварийного освещения проверяют на четкость переключения при отключении рубильника от линии переменного тока.

У переносных трансформаторов проверяют исправность кожуха, а также надежность заземления корпуса и обмотки низшего напряжения. Освещенность проверяют с помощью люксметра во всех производственных цехах и на основных рабочих местах. Полученные значения освещенности должны соответствовать расчетным и проектным. Перед тем как приступить к проверке освещенности, необходимо установить те места, на которых целесообразно измерить освещенность. Результаты осмотров и проверок оформляют актами, утвержденными главным энергетиком предприятия

#### **§ 9-4. Особенности эксплуатации газоразрядных источников света и металлогалогенных ламп для световодов**

Отечественной электропромышленностью изготавливают следующие газоразрядные источники света с лампами: люминесцентные ртутные низкого давления; дуговые ртутные высокого давления (типа ДРЛ); ксеноновые (типа ДКСТ) высокого давления с воздушным охлаждением и сверхвысокого давления с водяным охлаждением; натриевые лампы высокого и низкого давления — наибольшее распространение получили первые два типа ламп.

Газоразрядные лампы имеют следующие основные особенности.

Световой коэффициент полезного действия (КПД) ламп накаливания находится в пределах 1,6—3 % и их световая отдача не превышает 20 лм/Вт потребляемой мощности для мощных ламп; она снижается до 7 лм/Вт для ламп мощностью до 60 Вт. Световой КПД люминесцентных ламп и ламп ДРЛ достигает 7 %, а световая отдача превышает 40 лм/Вт.

Люминесцентные лампы и лампы ДРЛ не могут непосредственно включаться в электрическую сеть, а включаются обязательно через пускорегулирующую аппаратуру (ПРА).

Для зажигания люминесцентной лампы и особенно лампы ДРЛ требуется некоторое время (от 5 с до 3—10 мин).

Основным элементом пускорегулирующего аппарата обычно служит индуктивное сопротивление (реактор), ухудшающее коэффициент мощности; поэтому применяют конденсаторы, встраиваемые в современные пускорегулирующие аппараты.

Пускорегулирующая аппаратура вызывает дополнительные потери в электросетях и трансформаторах. Даже при равномерной нагрузке всех фаз люминесцентными лампами или лампами ДРЛ по нулевому проводу проходит значительный ток, из-за чего проводимость обычных нулевых проводов оказывается недостаточной и приходится принимать специальные меры.

Промышленность выпускает люминесцентные лампы общего назначения мощностью от 4 до 200 Вт. Лампы мощностью от 15 до 80 Вт выпускаются серийно в соответствии с ГОСТами. Остальные лампы изготовляют небольшими партиями по соответствующим техническим условиям.

Одна из особенностей эксплуатации люминесцентного освещения состоит в том, что отыскать неисправность при этом виде освещения значительно трудней, чем при использовании ламп накаливания. Это объясняется тем, что наиболее распространенная схема включения люминесцентных ламп содержит стартер (зажигатель) и дроссель (балластное сопротивление). Схема включения люминесцентной лампы становится поэтому сложнее, чем схема включения лампы накаливания. Другой особенностью люминесцентного освещения является то, что для нормального зажигания и работы люминесцентной лампы напряжение сети не должно быть менее 95 % от номинального. Поэтому при эксплуатации люминесцентных ламп необходимо внимательно следить за напряжением сети. Нормальный режим работы люминесцентной лампы обеспечивается при температуре 18—25 °С, при более низкой температуре люминесцентная лампа может не зажечься.

Осмотр люминесцентных ламп во время эксплуатации проводится чаще, чем это требуется при эксплуатации ламп накаливания. Их осмотр рекомендуется проводить ежедневно, а очистку от пыли и проверку исправности не реже одного раза в месяц. При эксплуатации люминесцентных ламп необходимо учитывать тот факт, что после окончания нормального срока службы люминесцентной лампы (около 5000 ч) она практически теряет свои параметры и подлежит замене.

Во время эксплуатации люминесцентная лампа иногда не зажигается. В этом случае необходимо проверить, имеется ли напряжение в электросети и нет ли обрывов в электропроводке или дефекта в лампе. Если наблюдается мигание лампы или свечение ее только на одном конце, то лампу заменяют. Если при работе люминесцентного освещения наблюдается шум, то проверяют прочность крепления балластного сопротивления. Если укрепление балластного сопротивления не приводит к прекращению шума, его надо заменить на новое.

Неисправность балластного сопротивления может иногда проявляться в том, что при включении люминесцентной лампы чернеют ее концы и перегорают спирали. В этом случае необходимо проверить соответствие напряжения лампы и балластного сопротивления номинальному напряжению питающей сети. При таком соответствии причиной может быть неисправность балластного сопротивления, которое следует заменить. Переносное испытательное устройство для проверки ламп показано на рис. 9-1.

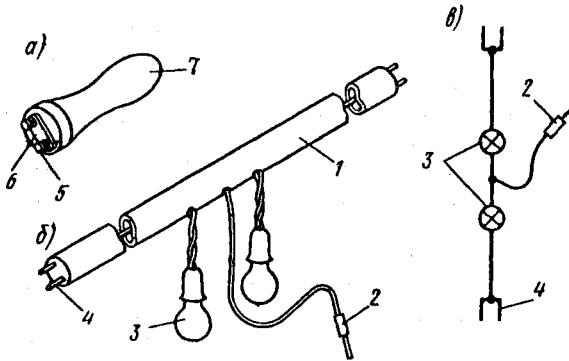


Рис. 9-1. Переносное испытательное устройство для проверки светильников с импульсным зажиганием:

*а* — ручной зажигатель; *б* — испытатель; *в* — схема испытания; *1* — пластмассовая трубка; *2* — шуп для проверки лампы; *3* — контрольные лампы; *4* — штыри; *5* — замкнутые накоротко штыри; *6* — контактная панель; *7* — деревянная ручка ручного зажигателя

В настоящее время в нефтяной, газовой и других отраслях народного хозяйства для освещения взрывоопасных зон и установок применяют комплектные осветительные устройства (КОУ) со щелевыми световодами (см. рис. 2-45).

Способ освещения помещений и установок с помощью *щелевых световодов* является принципиально новым; он представляет собой световые комплексы, поставляемые заводом и полностью укомплектованные всем необходимым для монтажа и эксплуатации (включая источники света, электротехнические блоки, содержащие пускорегулирующую аппаратуру (ПРА), зажигающие и предохраняющие элементы, монтажные узлы и др.) и собираемые у потребителя.

В осветительных устройствах, выпускаемых в настоящее время, в качестве источников света используются металлогалогенные зеркальные лампы ДРИЗ-700 и лампы-фары с металлогалогенными горелками ЛФМГ-400 и ЛФМГ-250 (для световодов диаметром 250 и 600 мм).

Ввиду того что конструктивное исполнение камер для источников света и пускорегулирующих аппаратов (ПРА) исключает возможность установки их во взрывоопасных зонах, камеры с источниками света и электроаппараты размещают вне освещаемых взрывоопасных помещений.

Конструкция (КОУ) исключает возможность попадания искры в освещаемое помещение при повреждении элементов КОУ. Это требование обеспечивается надежной герметизацией переходного цилиндра в стене здания и герметизацией иллюминаторов в самом переходном цилиндре. Область применения КОУ определяется их преимуществами, основными из которых являются: большая протяженность светящей полосы с несимметричным в продольных плоскостях светораспределением, обеспечивающим высокую равномерность освещения; наличие холодных цилиндрических каналов без электрического потенциала шелевых световодов (ЩС); незначительное влияние окружающей среды на параметры в процессе эксплуатации благодаря особым аэродинамическим свойствам цилиндрических каналов, оптическая щель которых практически не загрязняется; концентрация нескольких газоразрядных ламп (для КОУ диаметром 600 мм) в одной точке обслуживания с возможностью их одновременного или раздельного включения; возможность изменения положения щели путем поворота ЩС вокруг оптической оси, а также любого расположения КОУ в пространстве (до вертикального с размещением камеры снизу или сверху).

КОУ позволяют обеспечить: создание высококачественного и безопасного освещения, прежде всего взрывоопасных и пожароопасных помещений; резкое сокращение количества используемых ламп и светильников, эксплуатационных расходов, протяженности и стоимости распределительной электрической сети и трудоемкости работ по монтажу осветительных установок; повышение надежности работы осветительных установок, благодаря возможности резервирования источников света; возможность снижения при проектировании значений коэффициентов запаса; резкое снижение затрат материалов и труда на изготовление КОУ по сравнению со светильниками для тяжелых условий среды; возможность использовать газоразрядные лампы высокой мощности, особенно при малой высоте помещений, когда для обеспечения небольших значений освещенности при высоком качестве освещения требуется применять большое количество светильников с лампами накаливания малой мощности (например, в метрополитене); высокую степень заводской готовности осветительных устройств, обеспечивающую максимальную индустриализацию электромонтажных работ; упрощение и сокращение электросетей.

Принципиальные преимущества КОУ позволяют на основании опыта эксплуатации получить значительный технико-экономический эффект.

## § 9-5. Техника безопасности

Ремонтные работы во внутрицеховых электросетях проводят при снятом напряжении с ремонтируемых участков. Работы по проверке, испытанию и ремонту, связанные с подачей напряжения, могут проводиться не менее чем двумя лицами, одно из которых должно иметь квалификационную группу не ниже IV при работе в электроустановках свыше 1000 В и не ниже III — в электроустановках до 1000 В.



На рукоятках всех отключающих аппаратов, с помощью которых может быть подано напряжение к месту работ, вывешивают предупредительные плакаты «*Не включать — работают люди*».

Питание временных схем для ремонта, проверок и испытаний электросетей должно выполняться через выключатель, рубильник, автомат закрытого исполнения с защитой и ясным обозначением включенного и отключенного положений. Во избежание опасности, которая может возникнуть для ремонтного персонала при ошибочной подаче напряжения в ремонтируемый участок электросети, все фазы отключенной части заземляют и закорачивают. Перед тем как наложить заземление на ремонтируемый участок, проверяют отсутствие на нем напряжения.

Если требуется произвести ремонт в действующей электросети, с которой снять напряжение не представляется возможным, то работы проводят в диэлектрических перчатках, стоя на резиновых ковриках. При измерениях с помощью мегаомметра проверяемый участок предварительно отключают со всех сторон, откуда на него может быть подано напряжение. Ответственный за ремонтные и испытательные работы отвечает за точное выполнение всех мер безопасности.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей требуют проводить регулярные осмотры и ремонт электросетей, а также измерения сопротивления их изоляции.

### *Контрольные вопросы*

1. Расскажите об основных правилах приемки внутрицеховых электросетей и осветительных электроустановок.
2. Расскажите о периодичности и содержании осмотров, об эксплуатации и ремонте внутренних сетей.
3. Расскажите об особенностях электрооборудования во взрывоопасных зонах, в том числе и эксплуатации комплектных осветительных устройств (КОУ).
4. В чем состоит особенность эксплуатации люминесцентного освещения?
5. Какие правила техники безопасности следует соблюдать при ремонте и испытаниях электрических внутрицеховых сетей?

## **Глава 10. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

### **§ 10-1. Документация на приемку кабельных линий в эксплуатацию**

Надежная и экономичная работа кабельных линий обеспечивается при условии соблюдения правил технической эксплуатации. Промышленные предприятия, для которых сооружаются кабельные линии, осуществляют технадзор за качеством прокладки скрыто проложенных кабелей, правильностью монтажа кабельных муфт в процессе производства работ. Работники, осуществляющие технадзор, проходят спецподготовку и имеют на это специальные права. Они проверяют, чтобы все подземные сооружения, относящиеся к кабельным линиям, а также пересечения кабелей с другими подземными сооружениями соответствовали проекту и были выполнены технически грамотно; особенно тщательно они наблюдают за монтажом кабельных муфт. С участием представителя технадзора проводят наружный осмотр кабелей, когда они находятся на барабанах. Если при осмотре возникают сомнения в пригодности кабеля, его подвергают специальным испытаниям с привлечением электролаборатории.

Соответствие выполненных работ действующим правилам и другим директивным материалам подтверждается актами, подписанными представителем технадзора. Этот представитель включается в состав комиссии по приемке кабелей.

В техническую документацию, представляемую приемочной комиссией, должны входить исполнительный чертеж трассы, согласованный с заинтересованными организациями (владельцами подземных коммуникаций, находящихся вблизи кабелей), акты наружного осмотра кабелей на барабанах, акты скрытых работ (осмотр проложенных кабелей перед засыпкой траншей), а также протоколы испытаний кабелей после сооружения кабельной линии.

При осмотре принимаемой в эксплуатацию кабельной линии приемочная комиссия убеждается, что места, где возможны повреждения кабелей (перевозимыми грузами или от каких-либо других причин), на высоте 2 м от уровня земли защищены трубами, коробами и др.; кабели надежно закреплены в конечных пунктах, в местах изгибов, у соединительных муфт, воронок и т. п.; кабели, проложенные в трубах, туннелях, коллекторах, каналах и производственных помещениях, не имеют наружного покрова из кабельной пряжи, опасной в пожарном отношении; на опорных поверхностях из горючих материалов кабели проложены на кронштейнах, причем с сохранением расстояния между кабелями и опорной поверхностью не менее 50 мм; проложенные кабели снабжены бирками, на которых указаны марки, напряжения, сечения и длина кабелей. На бирках муфт и заделок, кроме того, указаны дата и фамилия работника, производящего работы. Перед приемкой кабелей в эксплуатацию они проходят испытания в соответствии с ПУЭ и нормами.

## **§ 10-2. Эксплуатация кабельных линий**

При эксплуатации кабельных линий (кабелей) необходимо вести наблюдение за их трассами и контроль за их нагрузкой. В процессе эксплуатации кабелей важно регулярно вести их паспортизацию. Паспорт линии, кроме технической характеристики кабелей и условий их прокладки, содержит сведения о результатах предыдущих испытаний, о ремонтах, что помогает установить правильный режим для линий и своевременно выводить их на ремонт.

Все смонтированные кабели должны иметь маркировку (бирки). Установлена стандартная форма бирок: круглая — для силовых кабелей высокого напряжения; прямоугольная — для силовых кабелей до 1000 В, треугольная — для контрольных кабелей. Для кабелей, проложенных в земле и в сооружениях, применяют бирки из пластмассы, привязываемые к кабелю оцинкованной проволокой. На бирках надписи выполняют несмываемыми красками; на металлических бирках надписи набивают с помощью металлических букв и цифр. Бирки на кабелях, проложенных в земле, устанавливают через каждые 100 м трассы — на всех поворотах,

у каждой муфты и при входах в сооружения. Бирки в земле обматывают двумя-тремя слоями смоляной ленты.

Жилы контрольных кабелей маркируют специальными пластмассовыми бирками, надеваемыми на каждую жилу, либо отрезками поливинилхлоридной трубки, на которые наносят несмываемыми чернилами маркировочные надписи.

Кабельные трассы маркируют опознавательными знаками (пикетами), устанавливаемыми в виде столбиков из бетона. Допускаются опознавательные знаки в виде надписей на стенах постоянных сооружений. Пикетные столбики (или надписи на стенах) делают через каждые 100—150 м трассы, на всех поворотах и у мест нахождения соединительных муфт.

При наблюдении за кабельной линией (трассой) следят за тем, чтобы трасса содержалась в чистоте; вблизи нее не находились ненужные предметы, мешающие работам ликвидации аварий и ремонту кабелей, проложенных в земле; поверхностный слой земли на трассе не должен иметь провалов, размывов и других неровностей, могущих вызвать повреждение кабелей. Необходимо обращать внимание на обеспечение сохранности кабелей при выполнении земляных работ вблизи кабельных трасс. Земляные работы вблизи кабельных трасс можно проводить только по предварительному согласованию с главным энергетиком предприятия. В необходимых случаях он устанавливает технадзор за проводимыми работами, с тем чтобы обеспечить сохранность проложенных кабелей; технадзор ведется до полного окончания земляных работ.

Большую опасность для проложенных в земле кабелей представляют земляные работы, выполняемые механизированными методами. Границы, в пределах которых допускаются такие работы, зависят от типа и марки механизма. Однако во всех случаях работать механизмами не разрешается на расстоянии от трассы кабеля менее 1 м. На этом участке работы выполняют вручную и только лопатами.

Периодически за кабельными трассами осуществляют наблюдение. Периодичность осмотров устанавливает главный энергетик предприятия, руководствуясь опытом и учетом местных условий (в местах, где кабели пересекаются с другими коммуникациями или могут подвергаться механическим повреждениям, обходы проводят чаще). Необходимо учитывать, что ПТЭ предписано производить осмотры кабельных трасс не реже следующих сроков: кабелей в траншеях, коллекторах и туннелях — 1 раз в 3 месяца; кабелей в колодцах и концевые муфты на линиях напряжением 1000 В — 1 раз в 6 месяцев; концевые муфты кабелей напряжением до 1000 В — 1 раз в 12 месяцев; кабельные муфты в трансформаторных помещениях, распределительных пунктах и ПС — одновременно с осмотром другого оборудования.

В периоды паводков, во время дождей и ливней, когда происходит размягчение грунта и опасность повреждения кабелей, проложенных в земле, возрастает, проводят внеочередные осмотры кабельных трасс. Для учета неисправностей, выявленных при

осмотрах кабельных трасс, и контроля за своевременным их устранением на предприятиях ведется специальный журнал, заполняемый персоналом, совершающим осмотры кабельных трасс. При обнаружении дефектов, требующих немедленного устранения, лицо, осуществляющее осмотр, безотлагательно ставит об этом в известность своего руководителя. Кабельные линии напряжением 110—220 кВ подлежат осмотру: проложенные в земле — 2 раза в месяц; проложенные в коллекторах и туннелях, а также кабельные колодцы с муфтами — 1 раз в месяц; подпитывающие пункты, оборудованные сигнализацией давления масла, — 1 раз в месяц; пункты, не имеющие сигнализации, — по инструкции.

Кабельные трассы внимательно осматривают на всем их протяжении и особенно в местах пересечения трассами канав, кюветов и переходов кабелей из земли на стены или опоры. При осмотрах туннелей, коллекторов и аналогичных кабельных сооружений обращают внимание на содержание их в чистоте (отсутствие остатков материалов и др.). Эти сооружения обычно осматривают два лица, сначала проверив с помощью газоанализатора отсутствие в этих сооружениях газа.

В коллекторах, туннелях и подобных им кабельных сооружениях проверяют состояние освещения и вентиляции; измеряют внутреннюю температуру, которая не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 10 °С; осматривают антикоррозионные покрытия кабелей; внешнее состояние муфт; следят за тем, чтобы не имелось натяжений, смещений, провесов кабелей и т. п.

Особое внимание обращают на кабели, проложенные в районах прохода электрифицированного транспорта. В течение первого года эксплуатации такой кабельной линии необходимо не менее 2 раз измерять уровни потенциалов и блуждающих токов. Для своевременного выявления дефектов изоляции кабелей, муфт и заделок в начальной стадии и предупреждения внезапного выхода кабелей из строя проводят профилактические испытания кабельных линий.

При прокладке кабелей напряжением 20—35 кВ по круто-наклонным трассам могут происходить стекания пропиточного состава и усиление процессов ионизации, приводящих к электрическому пробою изоляции. Для своевременного обнаружения опасной степени осушения изоляции ПТЭ предписывают периодически, в сроки, установленные ответственным за эксплуатацию электрохозяйства лицом, проводить контроль осушения вертикальных участков путем измерений разности в нагреве верхних и нижних точек, которая должна составлять не более 2—3 °С.

При эксплуатации кабелей следят за их правильной нагрузкой. Перегрузки кабелей, которые носят систематический характер, влекут за собой быстрое ухудшение их изоляции и сокращают длительность работы; их недогрузка связана с недоиспользованием проводникового материала, заложенного в кабелях. Поэтому при эксплуатации кабельных линий периодически проверяют, что-

бы нагрузка соответствовала установленной при вводе линии в эксплуатацию. Максимально допустимые нагрузки для кабелей дают на основе таблиц, приведенных в ПЭУ, по участку трассы кабеля, имеющему наихудшие тепловые условия, если длина этого участка составляет не менее 10 м.

Нагрузку на кабели при вводе в эксплуатацию определяют отдельно для каждого сезона года, так как температура среды, окружающей кабели (почва, воздух), в разные сезоны года изменяется и позволяет в холодные месяцы нагрузку на кабели повысить. Нагрузку кабелей контролируют в сроки, определяемые главным энергетиком предприятия, но не менее двух раз в году. Один раз указанный контроль проводят в период осенне-зимнего максимума нагрузки. Контроль осуществляют путем наблюдения за показаниями амперметров на питающей ПС, а при их отсутствии — с помощью токоизмерительных клещей. Анализ произведенных измерений нагрузок позволяет пересматривать режим работы кабелей, устанавливая режим, который обеспечит одновременную экономичную и надежную работу.

В условиях эксплуатации иногда требуется определение фактической температуры токоведущих жил кабеля. Так как температуру жилы кабеля определить непосредственным измерением не представляется возможным, прибегают к измерению температуры металлической оболочки кабеля. После этого ее пересчитывают с учетом перепада температуры между жилой и оболочкой кабеля. Перепад температуры кабеля  $\Delta T_{\text{каб}} = I^2 n_{\text{ж}} \rho S_{\text{к}} / (100q)$ , где  $I$  — длительная максимальная нагрузка в момент измерения, А;  $n_{\text{ж}}$  — число жил кабеля;  $\rho$  — удельное электрическое сопротивление материала жилы при температуре, близкой к температуре жилы, Ом · мм<sup>2</sup>/м;  $S_{\text{к}}$  — сумма тепловых сопротивлений изоляции и защитных покровов кабеля, град · см/Вт, определяемая по таблице;  $q$  — сечение жилы кабеля, мм<sup>2</sup>.

Температура жилы  $t_{\text{ж}} = t_{\text{об}} + \Delta T_{\text{каб}}$ , где  $t_{\text{об}}$  — температура на оболочке или броне кабеля в момент измерения, °С. Тепловые сопротивления изоляции и слоя наружных покровов (джута) для эксплуатируемых кабелей напряжением 3, 6, 10 кВ (град · см/Вт) приведены в табл. 10-1.

Вычисленные значения температуры токоведущих жил составляют для кабелей: с пропитанной бумажной изоляцией напряжением до 3 кВ не превышают 80 °С; напряжением до 6 кВ — 65 °С; напряжением до 10 кВ — 60 °С; с резиновой изоляцией — 65 °С. Кабели с пластмассовой изоляцией напряжением 1,3,6 кВ длительно допускают температурный нагрев жил 70 °С.

В том случае, когда токоведущие жилы кабелей нагреваются выше допустимых пределов, принимают меры для устранения причины этого явления. Температуру жил кабелей снижают следующими мероприятиями: уменьшая нагрузки на кабели, улучшая вентиляцию в туннелях, колодцах и каналах; применяя вставки кабелей большего сечения на участках, где наблюдается перегрев кабелей, увеличивая расстояния между ними.

Напряжение кабеля, кВт	Слой	Сечение токоведущей жилы, мм <sup>2</sup>									
		16	25	35	50	70	95	125	150	185	240
3	Изоляция	68	51	45	38	34	29	26	24	21	19
	Наружные покровы	35	33	31	28	25	22	21	20	20	18
6	Изоляция	83	73	64	58	50	42	37	32	30	30
	Наружные покровы	31	30	25	24	22	20	18	18	18	17
10	Изоляция	101	89	82	72	66	57	51	47	43	37
	Наружные покровы	25	24	20	19	16	18	17	17	15	15

Примечание. Удельные тепловые сопротивления приняты: для изоляции — 1000 град · см/Вт; для наружных покровов — 550 град · см/Вт.

При выходе из строя кабельной линии приходится часть работающего оборудования переводить на питание от других (соседних) кабелей. Это может привести к тому, что нагрузка кабелей окажется в часы максимума свыше допустимой. Для кабелей напряжением до 10 кВ допускаются перегрузки 15—30 % только на время ликвидации аварий, но не более 5 суток. Эта перегрузка допускается в том случае, если в период, предшествующий аварии, максимальная нагрузка кабеля не превышает 80 % допустимой. Для кабелей напряжением 20—35 кВ перегрузка против номинальных значений не разрешается.

При прокладке кабелей в почве, агрессивной по отношению к их металлическим оболочкам (болота, солончаки, насыпной грунт со шлаком и строительным материалом), появляется почвенная коррозия свинцовых оболочек, что приводит к их разрушению. В этих случаях проверяют коррозионную активность грунта относительно свинцовой оболочки кабелей. Проверку осуществляют, сравнивая фактическое удельное электрическое сопротивление и данные анализа проб грунта и воды с соответствующими допускаемыми значениями, приведенными в «Правилах защиты подземных металлических сооружений от коррозии» Госстроя СССР. Если проверкой установлено, что степень почвенной коррозии угрожает целостности кабелей, то принимают соответствующие меры — замену грунта на нейтральный, перекладку кабелей в нейтральный грунт, а также борьбу с загрязнением грунта отбросами, действующими разрушающе на металлические оболочки кабелей.

### § 10-3. Испытания и определение мест повреждения в кабельных линиях

Для предупреждения внезапного выхода кабеля, муфт и заделок из строя проводят профилактические испытания кабельных линий. Цель этих испытаний — доведение ослабленных мест до

пробоя, предупреждая тем самым аварийный выход кабеля из строя.

Испытания кабельных линий, вновь проложенных и бывших в употреблении, повышенным напряжением проводят обычно постоянным током (при переменном токе значительно увеличивается мощность испытательной установки). При этом изменяют выпрямленное напряжение ступенями от нуля до значения, установленного правилами (табл. 10-2). Более подробные указания приведены в ПТЭ и в инструкции по прокладке кабелей напряжением до 110 кВ (СН 85—74 ММСС).

Если к концу испытания нарастание токов утечки не прекращается, то это служит признаком дефектов в кабеле и испытание продолжают до пробоя кабельной линии.

При открытой прокладке кабелей и кабелей, проложенных в специальных кабельных сооружениях, возможность их механических повреждений менее вероятна, чем у кабелей, проложенных в земле; при этом легче контролировать их состояние и своевременно восстанавливать защиту металлических оболочек от разрушительного действия коррозии. Более редкие профилактические испытания кабелей можно проводить и в тех случаях, когда они, будучи проложены в земле, в процессе эксплуатации или при испытаниях не имеют электрических пробоев в течение 5 лет. Кроме плановых испытаний кабелей в процессе эксплуатации проводят и внеочередные их испытания, например: после ремонтных работ на линиях, после производства земляных работ вблизи кабельных трасс, после размывов почвы и т. п. Если во время испытания кабеля не происходит пробоев его изоляции, не наблюдается увеличения тока утечки и резких толчков тока, то кабель признают пригодным к дальнейшей эксплуатации. Пробой в изоляции кабеля обычно происходит при подъеме испытательного напряжения или в течение первой минуты после подъема напряжения.

В кабельных линиях обычно встречаются следующие виды повреждений: замыкание жил между собой, однофазные замыкания на землю и обрывы фаз. Работы по устранению повреждений в кабелях начинают с определения вида повреждений, так как в зависимости от этого выбирают метод выявления места повреж-

Т а б л и ц а 10-2

Вид испытания	Линии с рабочим напряжением, кВ	
	3—10	20—35
После капитального ремонта Профилактические испытания в эксплуатации	6 $U_{ном}$ *	5 $U_{ном}$ *
	(5—6) $U_{ном}$ *	(4—5) $U_{ном}$ *

\* Длительность приложения напряжения в каждой фазе 5 мин.

П р и м е ч а н и я: 1. Кабели с пластмассовой изоляцией напряжением 2—10 кВ испытывают выпрямленным напряжением, равным (4—5)  $U_{ном}$ . 2. Кабели до 1 кВ могут быть испытаны мегаомметром напряжением 2,5 кВ в течение 1 мин.

дения. Характер повреждений во многих случаях удается установить с помощью мегаомметра. Для этой цели с обоих концов кабеля проверяют состояние изоляции каждой фазы относительно земли, исправность изоляции между отдельными фазами, а также отсутствие обрывов в жилах.

В кабельных линиях места повреждения обычно определяют в два приема: сначала зону повреждения, а после этого уточняют место повреждения непосредственно на трассе и глубину залегания кабеля и нахождения мест расположения муфт.

Применяют следующие методы определения повреждений в кабельных линиях — относительные методы и абсолютные методы. К относительным методам относятся: импульсный, колебательного разряда, петли и емкости. К абсолютным методам — индукционный, акустический и измерения потенциалов.

**Импульсный метод.** Импульсный метод применяется для определения расстояния до места повреждения в кабельных и воздушных линиях (при однофазных и межфазных замыканиях, а также при обрывах жил). Пользуясь этим методом, применяют приборы ИКЛ-5, Р5-1А и Р5-5, посылающие в кабель кратковременный импульс переменного тока. Дойдя до места повреждения, импульс тока отражается и возвращается обратно. О характере повреждения кабеля (короткое замыкание или обрыв) судят по изображению, появляющемуся на экране электронно-лучевой трубки. Расстояние до места повреждения можно определить, зная время прохождения импульса и скорость его распространения.

При измерении приборами ИКЛ-5, Р5-1А погрешность обычно не превышает 1,5%, а прибором Р5-5 — 0,5%, что вполне допустимо. Достоинства этого метода: быстрота, наглядность и простота измерений; возможность определения любых видов повреждений, в том числе повреждений в разных местах кабеля при условии, что переходное сопротивление не превышает 200 Ом. При этом, как правило, достаточно произвести измерения только с одного конца линии, не производя никаких присоединений на противоположном ее конце; непосредственно измерить расстояние от конца линии до места повреждения кабеля по экрану или по шкале калиброванной задержки независимо от длины и типа кабельной линии.

**Метод колебательного разряда.** Этот метод заключается в измерении периода (полупериода) свободных колебаний, возникающих в заряженной кабельной линии при пробое изоляции в месте повреждения от выпрямительной установки до  $U_{\text{проб}}$ . В момент пробоя в кабеле возникает колебательный процесс. Расстояние от прибора до места повреждения фиксируется по шкале прибора, градуированной в километрах.

**Метод петли.** Метод петли применяют при однофазных и двухфазных замыканиях при наличии одной неповрежденной жилы. При этом методе поврежденную жилу соединяют накоротко с неповрежденной с одной стороны кабельной линии, образуя петлю. К противоположным концам жил присоединяют дополнительные



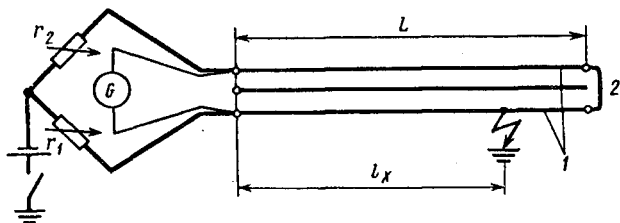


Рис. 10-1. Схема определения места повреждения методом петли:

1 — фазы испытываемой кабельной линии; 2 — перемычка (закоротка);  $r_1, r_2$  — регулируемые плечи моста;  $L$  — длина кабельной линии;  $l_x$  — расстояние от конца линии до места повреждения

сопротивления. В результате образуется четырехплечевой мост (рис. 10-1).

При равновесии моста расстояние до места повреждения  $l_x = 2L/r_1(r_1 + r_2)$ , где  $L$  — полная длина кабельной линии, м;  $r_1, r_2$  — сопротивления, присоединенные к поврежденной и неповрежденной жилам, Ом.

**Метод емкости.** Этот метод находит применение для определения расстояния от конца линии до места обрыва одной или нескольких жил кабельной линии путем измерения емкости кабеля. Емкость оборванной жилы измеряют с помощью моста переменного тока (рис. 10-2, а) или с помощью баллистического гальванометра на постоянном токе (рис. 10-2, б).

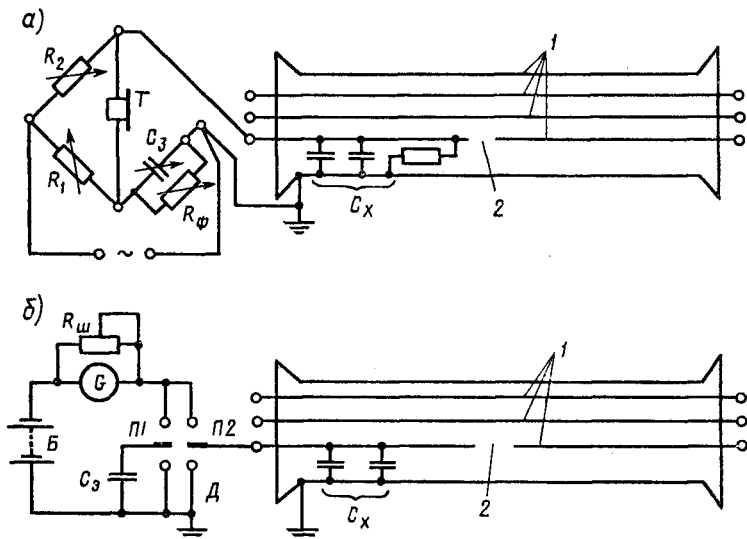


Рис. 10-2. Схемы определения мест повреждений методом емкости:

а — на переменном; б — на постоянном токе; 1 — жилы испытываемого кабеля; 2 — место обрыва жилы;  $\Pi_1, \Pi_2$  — переключатели;  $C_x$  — емкость в оборванной фазе;  $C_3, R_\phi$  — регулируемые емкость и сопротивление;  $R_1, R_2$  — регулируемые сопротивления по мостовой схеме;  $T$  — телефон;  $G$  — гальванометр

При измерении с помощью моста переменного тока его плечи образуются регулируемыми комбинированными сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$ , емкостью измеряемой жилы и эталонной емкостью  $C_3$ , с регулируемым сопротивлением  $R_\phi$ . К одной диагонали моста (рис. 10-2, а) подводят переменное напряжение звуковой частоты (обычно 1000 Гц), к другой — подключают телефон  $T$  или усилитель переменного тока со стрелочным индикатором. Регулируя сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ , эталонную емкость  $C_3$  и сопротивление  $R_\phi$ , получают практически равные по величине и фазе падения напряжений на сопротивлениях  $R_1$  и  $R_2$ . Это соответствует минимальной слышимости (или минимальному отклонению стрелки индикатора), т. е. равновесию плеча моста  $R_1/R_2 = L_0/L_x$ .

Так как сопротивления  $L_x$  и  $L_0$  носят емкостный характер, из полученного соотношения определяют емкость измеряемой жилы относительно земли:  $C_x = R_2 C_3 / R_1$ .

При измерении емкости оборванных жил с помощью моста переменного тока переходное сопротивление на землю (Ом) должно быть не менее  $1000/l_x$  (здесь  $l_x$  — длина части жилы (км), емкость которой измеряется). При измерении емкости одной жилы две другие заземляют для повышения четкости замера. При отсутствии звука в телефоне емкость на мосте соответствует емкости оборванной жилы кабеля.

Для уточнения на трассе места повреждения кабеля пользуются индукционным методом — при повреждениях между жилами и акустическим — при заплывающих пробоях. При индукционном методе применяют генератор звуковой частоты. По поврежденным жилам кабеля пропускают ток звуковой частоты. Образующиеся вокруг кабеля электромагнитные колебания улавливаются приемной рамкой и прослушиваются в телефоне на всей неповрежденной трассе кабеля. За местом повреждения звуки в телефоне исчезают.

#### § 10-4. Техника безопасности

К ремонту кабельных линий допускается персонал после обучения и проверки знаний по безопасным методам работы и получения соответствующего документа. Раскопку траншей или котлована в местах прохождения кабелей ведут вручную с помощью лопаты, соблюдая особую осторожность, начиная с глубины 0,4 м. Котлованы (особенно глубокие) прочно укрепляют и ограждают, а в ночное время освещают фонарями с красным стеклом.

В местах перехода над траншеями должны быть устроены пешеходные мостики. Перекладка или сдвиги кабелей и муфт допускаются только после их отключения.

Особую опасность представляют работы по монтажу концевых заделок и соединительных муфт с применением паяльных ламп, газовых горелок, термитных патронов, а также работы при сварке. Эпоксидная смола, растворители, заливочные массы являются токсичными и горючими материалами. При работе руки защищают спецперчатками; при сварке глаза защищаются спецочками с темными стеклами. Особенно осторожно разогревают и перемещают разогретую кабельную массу, имеющую в расплавленном состоянии высокую температуру.

Газовые пропан-бутановые, ацетилено-кислородные или бензино-кислородные установки должны быть удалены на необходимое расстояние от места работы.

### Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных правилах приемки и обслуживания кабельных линий.
2. Какова цель проведения профилактических испытаний кабелей?
3. Какие методы применяют для определения повреждений в кабельных линиях?
4. Какие основные правила техники безопасности соблюдаются при ремонте кабельных линий?

## Глава 11. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 110 кВ

### § 11-1. Приемка воздушных линий в эксплуатацию

Вновь сооруженную воздушную линию (ВЛ) принимает комиссия, которая проверяет общее состояние трассы линии электропередачи (ЛЭП), частоту и высоту зарослей, наличие отдельных деревьев на краю трассы, угрожающих падением на провода. При этом тщательно осматривают каждую опору линии и проверяют, нет ли отклонения опор и проседания грунта у оснований и фундаментов опор; степень затяжки гаек болтов; наличие коррозии металлических опор и металлических деталей железобетонных и деревянных опор; наличие, количество и ширину раскрытия трещин железобетонных опор; отсутствие повреждений отдельных элементов опор. Кроме того, осматривают общее состояние армату-

Таблица 11-1

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ			
	Аппараты <sup>1</sup> , трансформаторы тока и напряжения		Изоляторы и вводы	
	фарфоровая изоляция	другие виды изоляции <sup>2</sup>	фарфоровая изоляция	другие виды изоляции <sup>2</sup>
До 0,66	1	1	—	—
3	24	22	25	23
6	32	29	32	29
10	42	38	42	38
15	55	50	57	51
20	65	59	68	61
35	95	86	100	90

<sup>1</sup> Аппараты — силовые выключатели, выключатели нагрузки, разъединители, отделители, короткозамыкатели, заземлители, предохранители, вентильные разрядники, комплектные распределительные устройства, комплектные экранированные токопроводы, конденсаторы связи.

<sup>2</sup> Под другими видами изоляции понимается бумажно-масляная изоляция, изоляция из органических твердых материалов, кабельных масс жидких диэлектриков, а также изоляция, состоящая из фарфора в сочетании с перечисленными диэлектриками.

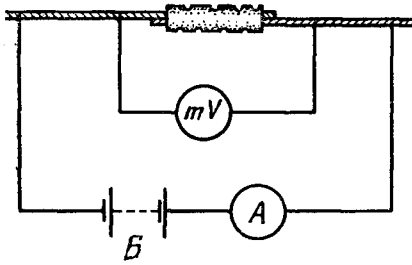


Рис. 11-1. Схема измерения сопротивления с помощью аккумуляторной батареи на отключенной линии:

*mV* — милливольтметр; *A* — амперметр; *Б* — аккумуляторная батарея

ры и изоляторов (отсутствие перекосов и отклонений гирлянд и отдельных изоляторов, наличие перекрытий изоляторов); правильность положения гасителей вибрации и другой защитной арматуры; наличие на опорах необходимых надписей и плакатов (на концевых опорах указывается год сооружения ЛЭП). При этом опоры должны быть ограждены железобетонными отбойными тумбами, защищающими опоры от повреждения транспортом; расстояния от проводов воздушных линий до земли и до различных пересекаемых объектов должны соответствовать требованиям, установленным ПУЭ.

При приемке ЛЭП в эксплуатацию проверяют также стрелу провеса проводов и тросов, которая не должна отличаться от проектной более чем на  $\pm 5\%$ . Измеряют расстояния от проводов линий до земли, различных объектов. Эти расстояния не должны быть менее установленных ПУЭ.

Опорные и подвесные изоляторы, а также аппараты, измерительные трансформаторы, изоляторы и вводы испытывают в течение 1 мин напряжением промышленной частоты согласно табл. 11-1.

Верхняя часть опор, гирлянды изоляторов и арматура осматриваются в бинокль, который необходим при осмотре линии. Внешним осмотром контролируют соединения проводов и измеряют падения напряжения в соединителях. Соединения бракуют, если на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений; падение напряжения на участке соединения более чем в 1,2 раза превышает падение напряжения на участке провода той же длины, марки и сечения (рис. 11-1).

Измерение сопротивления заземления опор проводится после окончания строительства, переустройства или капитального ремонта заземлителей, при обнаружении на опорах ЛЭП напряжения 110 кВ и выше, следов перекрытий или разрушений изоляторов электрической дугой. Сопротивление заземляющих устройств напряжением свыше 1000 В, измеренное в летнее время, не должно превышать значений, приведенных ниже:

Удельное электрическое сопротивление грунта, Ом · см . . . . .	до $10^4$	до $5 \cdot 10^4$	до $10 \cdot 10^4$	$10 \cdot 10^4$
Сопротивление заземляющего устройства, Ом . . . . .	до 10	до 15	до 20	до 30

## § 11-2. Осмотры ЛЭП; охранный зона; защита от гололеда, «пляски», вибрации проводов и тросов

Периодические осмотры (обходы) ЛЭП выполняют для того, чтобы проверить состояние линии и выявить возможные ее неисправности. Промежутки времени, через которые следует проводить эти осмотры, в зависимости от местных условий, степени ответственности линии и ее назначения устанавливает главный инженер энергосистемы (а для ЛЭП промышленных предприятий — главный энергетик предприятия), однако они не должны быть более трех месяцев для ЛЭП свыше 1000 В и двух месяцев для ЛЭП до 1000 В. Ниже приведены основные неисправности ЛЭП, которые выявляют при осмотрах и в дальнейшем устраняют.

Для металлических опор — наклон их поперек или вдоль линии и деформация траверс, тросостоек; оседания или вспучивание земли вокруг фундамента; оседание фундамента; трещины и повреждения в наземной его части; отсутствие гаек в анкерных болтах; ржавление трещин (особенно в узлах и косянках) и коробление деталей опоры; плохое состояние сварных швов (трещины), заклепочных и болтовых соединений.

Для деревянных опор — наклон опор поперек и вдоль линии; перекося их частей (траверс и других деталей); плохая окопка опоры; отсутствие в креплениях болтов и гаек, недостаточная длина нарезки болтов; обрыв или ослабление проволочных бандажей; отсутствие шпонок и клиньев; загнивание деталей опор; их обгорание и расщепление.

Деревянные опоры ЛЭП работают в условиях переменной влажности воздуха и верхних слоев почвы, что в сильной степени способствует их загниванию. Проверка опор на загнивание складывается из внешнего осмотра и простукивания деревянных деталей, измерения глубины их загнивания. В местах загнивания опоры обычно слышится глухой стук. Деревянные опоры из сосновой древесины один раз в три года проверяют на загнивание. Для опор из древесины других пород указанный срок может изменяться и его устанавливает главный инженер электросети энергосистемы или главный энергетик предприятия, руководствуясь опытом эксплуатации опор из аналогичной древесины.

Загниванию наиболее подвержены участки деревянных опор, расположенные в земле и вблизи уровня земли, а также места, в которых отдельные детали опор сочленяются. Проверку деревянных опор на загнивание начинают с тщательного осмотра и простукивания опоры по всей ее длине. Участок, в котором началось загнивание древесины, обнаруживают по уменьшению усилия, требующегося для ввертывания пустотелого бурава (сверла или щупа). Место, где прилагаемое усилие для заглубления бурава требуется увеличить, является признаком начала здоровой древесины. Для проверки деревянной опоры на загнивание в участках, расположенных вблизи уровня земли, производят откопку опоры на глубину 30—40 см.

Для проводов и тросов — набросы; оборванные жи-  
лы; сильное натяжение или провисание проводов; неправильно  
выдержанное расстояние их до земли, до пересекаемых линий  
и других объектов; коррозия проводов и тросов; наличие вибрации;  
образование гололеда.

Для креплений и соединений проводов и  
тросов — неисправность зажимов и соединителей; образование  
трещин в их корпусе; отсутствие болтов, шайб, шплинтов; ослаблен-  
ные затяжки гаек; следы перегрева зажима (соединителя); про-  
скальзывание провода из зажима; срыв троса, неисправность  
петель провода на анкерных опорах (петля близка к телу опоры  
или изогнута); ослабление крепления провода к изолятору.

Для изоляторов — механические повреждения фарфо-  
ра; ожоги и оплавление глазури; следы оплавления на армировке  
изоляторов и арматуре гирлянд; загрязненность изоляторов; от-  
клонение подвесных гирлянд от вертикального положения; отсут-  
ствие замков или шплинтов в гирлянде; выход стержня из головки  
изолятора; изогнутые штыри и стержни; ржавление арматуры;  
сильное коронирование.

Для заземляющих устройств — повреждения или  
обрывы заземляющих спусков на опоре у земли; отсутствие скоб,  
прикрепляющих их к опоре, и соединительных зажимов наверху.

Для разрядников — подгорание и повреждение защит-  
ных рогов и колец; неудовлетворительное состояние указателей  
срабатывания; оплавления на электродах внешнего искрового  
промежутка; отклонения в величине искрового промежутка.

Кроме того, во время осмотров проверяют состояние охранной  
зоны. В ее пределах не должно находиться стогов сена, штабелей  
торфа и лесоматериалов; деревья, которые при падении могут  
повредить провода, срубают. Трассу необходимо обходить, когда  
в охранной зоне и близ нее производят посадку деревьев, кустов;  
выполняют земляные, строительные, планировочные и взрывные  
работы; прокладывают кабели и трубопроводы; сооружают ЛЭП  
и линии связи, дороги и разгрузочные площадки и т. п. Все обнару-  
женные во время периодических осмотров недостатки заносят  
в путевой листок дефектов. Дефекты, требующие срочного устране-  
ния, заносят в журнал, который систематически просматривает  
руководящий персонал и указывает сроки ликвидации обнару-  
женных повреждений и неисправностей.

Не реже одного раза в году линию осматривает инженерно-  
технический персонал, определяющий техническое состояние ЛЭП  
и в случае необходимости ремонта устанавливающий объем и сро-  
ки его выполнения. Внеочередные осмотры проводят во время  
гололеда, тумана, ураганов, бурь и в других случаях, при которых  
может происходить нарушение нормальной работы ЛЭП, а также  
и в ночные часы, когда обнаруживаются разряды, сопровождаю-  
щие перекрытия изоляторов. Внеочередные осмотры ЛЭП назнача-  
ет главный инженер электросетей или главный энергетик предприя-  
тия.

При осмотре с земли не все дефекты могут быть выявлены. Поэтому на линиях напряжением 35 кВ и выше один раз в шесть лет проводят верховой осмотр проводов, тросов, гирлянд изоляторов на каждой опоре линии. При этом более тщательно проверяют состояние проводов, тросов, изоляторов, арматуры, деталей крепления проводов и тросов к опоре, наличие шплинтов и замков в арматуре. Верховые осмотры линий напряжением ниже 35 кВ проводят по мере необходимости.

Предусматривают также проведение один раз в шесть лет проверки состояния антикоррозионного покрытия металлических опор и траверс железобетонных опор, металлических подножников опор и анкеров оттяжек с целью определения необходимости повторной защиты их от коррозии. Для этого подножники и анкеры оттяжек выборочно вскрывают на участках, где ожидается наибольшая коррозия (сырые места, места с агрессивными водами и т. п.). Если в процессе эксплуатации происходят повторные автоматические отключения ЛЭП, то проводят ее внеочередной верховой осмотр. Не реже одного раза в шесть лет осуществляют выборочную выемку проводов из зажимов. Цель этих проверок — выявление повреждений, которые без выемки проводов из зажимов остаются незамеченными.

Чтобы предотвратить повреждения ЛЭП от гололедных отложений (в осенне-зимний период) и «пляски» проводов, необходимо принимать меры к удалению появившегося на проводах гололеда или предупреждать его появления. Средством обнаружения и сигнализации о величине гололедных отложений на проводах линий являются дистанционные сигнализаторы гололеда. Выпускаемые отечественной промышленностью дистанционные сигнализаторы гололеда состоят из трех блоков: датчика гололедных нагрузок, передатчика и приемника высокочастотных сигналов. Датчик нагрузки и передатчик устанавливают на опоре линии так, что нагрузка от провода передается на динамометр датчика и при увеличении массы провода под действием гололеда происходит замыкание контактов, включающих передатчик, который, в свою очередь, посылает сигнал в установленный, например, на подстанции приемник и последний сигнализирует о появлении гололеда.

Однако область эффективного применения сигнализаторов гололеда ограничена. Они приспособлены для работы на ЛЭП напряжением не свыше 220 кВ. Кроме того, датчик гололедных нагрузок реагирует только на достаточно большие по массе отложения гололеда. В то же время «пляска» проводов обычно вызывается весьма небольшими по величине односторонними и неравномерными отложениями. Поэтому сигнализаторы гололеда неприменимы как средство сигнализации о появлении условий, могущих вызвать «пляску» проводов.

Защиту от гололеда проводят несколькими способами. Лед и снег можно расплавить теплотой электрического тока, для чего требуется увеличить электрическую нагрузку на провода. Требуемый эффект можно получить быстрее, если включить ЛЭП на

короткое замыкание. При большой протяженности линии и большом индуктивном сопротивлении плавка гололеда переменным током требует очень высоких напряжений источника плавки и очень больших реактивных мощностей.

Для плавки гололеда постоянным током разработаны специальные выпрямительные агрегаты ВУКН-1200-14000. Эти агрегаты подключают к источнику переменного тока напряжением до 10 кВ и дают выпрямленный ток напряжением до 14 кВ. Два таких агрегата, соединенных параллельно, могут обеспечить плавку гололеда ЛЭП 220 кВ протяженностью около 100—120 км. При последовательном соединении нескольких агрегатов, питающихся от отдельных трансформаторов или разделенных систем шин, можно получить более высокое напряжение постоянного тока, т. е. увеличить длину участка плавки. К недостаткам агрегата относится довольно высокая стоимость самого агрегата и дополнительного оборудования, необходимого для его эксплуатации.

Гололед с проводов можно удалять также механическим путем. Самый простой способ механического удаления гололеда — сбивание, которое проводится с земли с помощью длинных шестов или из корзины автовышки. Практикуют также срезание гололеда с помощью стального тросика и удаление гололеда с помощью специальных роликов-ледорезов. Эти методы требуют много времени и применяются только на коротких участках линий.

Одним из мероприятий по предупреждению «пляски» является увеличение расстояний между проводами и между проводами и тросами, при которых вероятность замыкания при «пляске» весьма мала. Эти расстояния выбирают в соответствии с ПУЭ. Другое мероприятие — это применение рациональных конструкций линейной арматуры, гирлянд изоляторов и узлов крепления их к опорам, обеспечивающим необходимую шарнирность сопряжения всех элементов и снижающих их износ при «пляске».

При эксплуатации ЛЭП возникает также вибрация проводов и тросов; она появляется при ветрах. Вероятность вибраций возрастает вместе с увеличением высоты подвеса проводов и тросов. Так как вибрация сопровождается обычно перегибами проводов и тросов в местах закреплений, они влекут за собой значительные перенапряжения в металле. В конечном итоге вибрации приводят к разрушению проводов и их отрыву. Снизить опасность, связанную с вибрацией проводов, возможно установкой на каждом проводе или тросе по обе стороны от места их подвеса специальных устройств — виброгасителей (демпферов), которые имеют чугунные грузы; их масса приводит к уменьшению вибрации, и применение их повышает срок службы проводов и тросов. Систематические осмотры проводов и своевременный ремонт их во многом способствуют тому, чтобы избежать повреждения проводов в результате вибрации.



### § 11-3. Профилактические испытания и измерения на линиях электропередачи

На линиях электропередачи (ЛЭП), кроме осмотров, регулярно проводят также профилактические испытания и измерения. Начиная с шестого года эксплуатации определяют степень загнивания деревянных опор, пасынков и траверс, консервированных заводским способом. Один раз в шесть лет вторично проверяют состояние подземных металлических частей опор.

Профилактической проверке подвергают изоляторы на линиях напряжением до 35 кВ включительно один раз в три года; на линиях свыше 35 кВ один раз в шесть лет. Сопротивление соединений выборочно измеряют в следующие сроки: медных проводов один раз в шесть лет; алюминиевых и сталеалюминиевых один раз в три года; болтовых и переходных соединителей с меди на алюминий и сталеалюминий один раз в год.

На вновь вводимых в эксплуатацию ЛЭП изоляторы и соединители должны быть проверены в течение первого года эксплуатации. Соединители, имеющие падение напряжения или сопротивление в два раза больше, чем падение напряжения или сопротивление отрезка провода той же длины, что и соединитель, подлежат замене.

В воздушных сетях периодически проверяют сопротивление заземляющих устройств. В сетях с напряжением до 1000 В указанную проверку проводят в первый год эксплуатации и в дальнейшем один раз в шесть лет. В сетях с напряжением свыше 1000 В — один раз в шесть лет, начиная с десятого года эксплуатации. Допустимые сопротивления заземляющих устройств опор, воздушных линий напряжением свыше 1000 В в период эксплуатации не должны быть свыше 30 Ом. Неисправности в трубчатых разрядниках, которые могут быть в условиях эксплуатации, отражаются на четкости работы и надежности разрядников. В связи с этим за состоянием эксплуатируемых разрядников устанавливают систематический надзор (внешний осмотр при обходах ЛЭП). Со снятием с опор трубчатые разрядники проверяют один раз в три года. Разрядники, установленные в зонах интенсивных загрязнений, проверяют дополнительно, не снимая с опоры, в соответствии с местными инструкциями предприятий. При осмотрах и проверках трубчатых разрядников обращают внимание на их заземление, неисправность которого приводит к отказу разрядников при атмосферных перенапряжениях. Наивысшее допустимое значение сопротивления заземлителя трубчатых разрядников в период наименьшей проводимости почвы равно 15 Ом.

Электрическая нагрузка ЛЭП может изменяться по разным причинам. Если при этом будет происходить систематическое превышение длительно допустимых нагрузок для проводов, то это приведет к опасным перегревам проводов и вызовет недопустимое их провисание. Поэтому при эксплуатации следят за тем, чтобы токовые нагрузки проводов не превышали установленных ПУЭ.

В процессе эксплуатации ЛЭП стрела провеса проводов увеличивается. Явление провисания может обуславливаться вытяжкой проводов, их выпадением из зажимов, наклоном опор и другими причинами. В результате увеличения стрелы провеса расстояние от проводов до земли оказывается меньше допустимого нормами. Поэтому при эксплуатации ЛЭП периодически измеряют расстояние от проводов до земли. Если установлено, что указанное расстояние не соответствует нормам, то производят необходимую регулировку натяжения проводов.

#### *Контрольные вопросы*

1. Расскажите о правилах приемки воздушных линий в эксплуатацию после их сооружения.
2. Как осуществляется борьба с гололедом и вибрацией проводов?
3. Как проводится проверка коррозии болтовых и сварных швов металлических опор?
4. Как проводят проверку состояния деревянных опор?
5. Какие правила техники безопасности соблюдают при ремонтных работах на воздушных линиях напряжением до 110 кВ?

### **Глава 12. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ**

#### **§ 12-1. Приемка в эксплуатацию трансформаторных подстанций**

При осмотре трансформаторной подстанции, вводимой в эксплуатацию, приемочная комиссия контролирует и проверяет, что:

- ✓ на дверях трансформаторных камер имеются предупредительные плакаты, напоминающие об опасности, которую представляет для человека приближение к трансформатору;

на дверях камер и на баках силовых трансформаторов имеется нумерация, позволяющая снижать вероятность ошибок при эксплуатации;

крышка трансформатора, оборудованного газовой защитой, имеет подъем по направлению к газовому реле, облегчающий прохождение газов к реле, а маслопровод от трансформатора имеет подъем по направлению к расширителю;

газовое реле установлено горизонтально и находится со стороны, удобной для наблюдения;

✓ в трансформаторных помещениях предусмотрена необходимая освещенность;

все трансформаторы снабжены термометрами для измерения температуры масла и амперметрами для контроля за нагрузкой (трансформаторы мощностью более 1000 кВ · А);

✓ уровень масла в расширителе находится не ниже контрольных отметок;

все кнопки, рукоятки и ключи управления имеют надписи, указывающие операцию, для которой они предназначены (*включить, отключить, прибавить, убавить* и т. п.), а сигнальные лампы — надписи, указывающие характер сигнала (*вкл., откл.* и т. п.);

жилы проводов и кабелей, присоединяемые к зажимам, имеют запас по длине, позволяющий при обрыве жилы вновь присоединить ее к зажиму;

на щите управления находится запас ходовых предохранителей и сигнальных ламп, комплект защитных средств; набор инструментов, аптечки, огнетушители, ручные фонари, мегаомметр и ключи от всех помещений;

стационарные аккумуляторные батареи размещаются в специальных помещениях с тамбурами и оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией;

на дверях аккумуляторных помещений находятся предупреждающие плакаты: «Аккумуляторная», «С огнем не входить», «Курить запрещается»;

источники освещения в помещении аккумуляторной установлены во взрывозащищенном исполнении;

заводские паспорта статических конденсаторов для повышения коэффициента мощности обращены в сторону прохода, из которого обслуживают конденсаторы;

каждому конденсатору присвоен инвентарный номер, нанесенный масляной краской на стенке бака, которая обращена к проходу обслуживания;

на ПС имеются эксплуатационные схемы электрических соединений, утвержденные лицами, ответственными за электрохозяйство предприятия; аварийный запас электрооборудования, частей и деталей для РУ и ПС (масляные выключатели, трансформаторы тока, выключающие катушки для масляных выключателей, изоляторы, разъединители и т. п.) находится в распоряжении у дежурного.

В комплектном распределительном устройстве (КРУ) проверяют после четырех-пяти пробных вкатываний и выкатываний тележки состояние выкатных частей, работу блокировок, отсутствие перекосов и заеданий в механической части.

При приемке в эксплуатацию силовых трансформаторов необходимо установить возможность их включения под напряжением без сушки. Для этого измеряют сопротивление изоляции обмоток трансформатора и определяют степень ее увлажнения (§ 5-8).

Сопротивление изоляции и коэффициент абсорбции определяют мегаомметрами М-1101 на напряжение 1000 В и МС-01 на 2500 В. Номинальное напряжение на мегаомметре обеспечивается вращением рукоятки прибора с частотой вращения 120 об/мин. На рис. 12-1, а, б показаны схемы включения мегаомметра при измерении сопротивления изоляции силового трансформатора. Если результат испытания искажен токами поверхностной утечки (определяемой стрелкой прибора), то используют зажим Э (экран) мегаомметра (рис. 12-1, б), при этом точность измерений значительно повышается.

Кроме измерений и испытаний электрической изоляции трансформаторов измеряют также сопротивление обмоток постоянному току для проверки качества контактных соединений и отсутствие

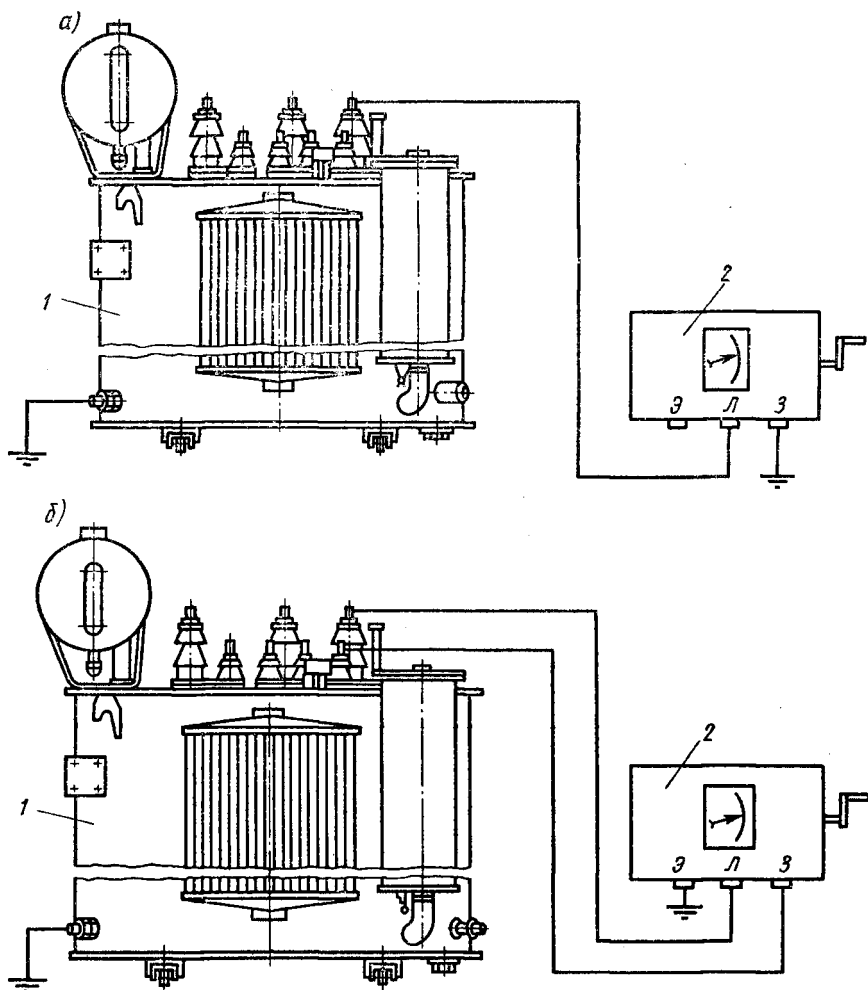


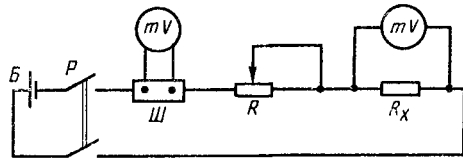
Рис. 12-1. Схема включения мегаомметра при измерении сопротивления изоляции силового трансформатора:

*а* — относительно земли; *б* — между обмотками высшего и низшего напряжений, изолированными от земли; 1 — силовой трансформатор; 2 — мегаомметр; Э, Л, З — зажимы мегаомметра (Э — экран, Л — линия, З — земля)

обрывов в проводах. Для измерения пользуются микроомметром М-246, двойным мостом МД-6, универсальными мостами, а при отсутствии их — методом амперметра — вольтметра (рис. 12-2). Силу тока при измерении устанавливают в пределах 10—15% от номинального значения, с тем чтобы нагрев обмоток не искажал результатов измерения. Следует иметь в виду, что из-за большой индуктивности обмоток трансформатора ток обычно достигает установившегося значения не сразу, а только через 40—50 с.

Рис. 12-2. Схема измерения сопротивления обмоток трансформатора постоянному току методом амперметра-вольтметра:

$R$  — регулировочный реостат;  $R_x$  — измеряемое сопротивление;  $\text{Ш}$  — шунт;  $P$  — рубильник;  $B$  — аккумуляторная батарея;  $mV$  — милливольтметр



Сопротивление обмоток постоянному току определяют при установившемся значении тока. Для сравнения измеренных значений с полученными в предыдущих измерениях показатели приводят к одной температуре. При измерениях определяют сопротивление постоянному току всех обмоток и при всех положениях переключателя ответвлений. Сопротивления обмоток различных фаз считаются удовлетворительными, если они не отличаются друг от друга и от полученных при предыдущих измерениях, а также от заводских значений больше чем на  $\pm 2\%$  при одинаковой температуре.

При введении в эксплуатацию на параллельную работу вновь смонтированных трансформаторов проверяют фазировку включаемых трансформаторов, группы соединений обмоток и другие условия, указанные в § 12-5. Фазировка заключается в том, чтобы у трансформаторов, присоединенных со стороны высокого напряжения к одной сети, были найдены со вторичной стороны фазы, которые подлежат соединению, т. е. не имеющие разности напряжения (одноименные). После того как указанные фазы найдены, их попарно располагают друг против друга. Вольтметр, присоединенный к одноименным фазам, дает нулевое показание.

На рис. 12-3 показана схема фазировки двух трансформаторов. В том случае, когда фазированные трансформаторы не имеют заземленных нейтралей, т. е. не имеют между собой электрической

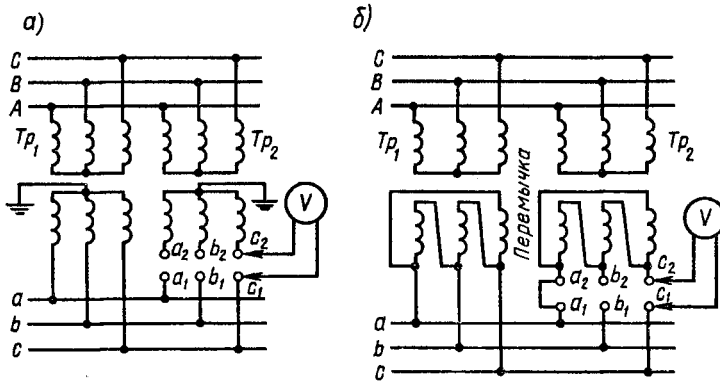


Рис. 12-3. Схема фазировки силовых трансформаторов:

$a$  — с заземленными нейтралью;  $b$  — при соединении в треугольник;  $Tp_1$  — подключенный трансформатор;  $Tp_2$  — фазироваемый трансформатор;  $V$  — переносный вольтметр;  $a, b, c; a_1, b_1, c_1; a_2, b_2, c_2$  — обозначения проводников различных фаз тока

связи, фазируемые цепи необходимо предварительно соединить в какой-либо точке, иначе вольтметр показаний не дает. Очевидно, при фазировке трансформаторов, не имеющих заземленных нейтралей, достаточно получить два нулевых показания вольтметра. Фазировку трансформаторов с напряжением, превышающим 380 В, производят вольтметром через измерительные трансформаторы напряжения.

При приемке в эксплуатацию трансформаторы проверяют трех — пятикратным включением без нагрузки на номинальное напряжение. Если трансформатор включается, на слух проверяют его работу — не имеется ли в нем каких-либо ненормальностей, например неравномерного гудения или тресков. В объем проверок также включаются: работа газового реле, реле уровня масла, манометрических термометров и их вторичных цепей; исправность цепей, встроенных трансформаторов тока, причем их вторичные обмотки должны быть замкнуты на приборы или закорочены; работа стрелочного маслоуказателя и отсечного клапана, если они предусмотрены конструкцией.

Масляные выключатели нагрузки подвергаются испытаниям, когда они полностью собраны и отрегулированы. На рис. 12-4 показана схема измерения методом амперметра — вольтметра переходного сопротивления контактов выключателя. У выключателей сопротивление измеряют пофазно у каждой пары рабочих контактов. Измерение скорости и времени включения и отключения подвижных частей выключателя характеризует качество регулировки выключателя и его привода. Скоростные характеристики определяют на заполненном маслом выключателе при температуре окружающей среды 10—20 °С и номинальном напряжении оперативного тока. Скорости включения и отключения измеряют с помощью вибрографа, установленного на выключателе (рис. 12-5). Виброграф состоит из вибратора и пишущего устройства. К обмотке вибратора подводят напряжение частотой 50 Гц. При этом пластинка 7 с графитовым стержнем 5 совершает 100 колебаний в секунду.

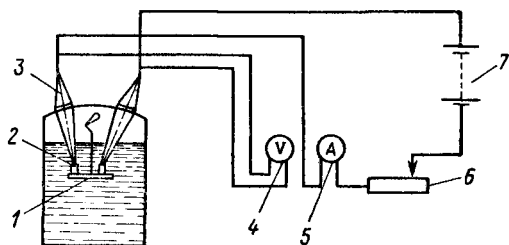


Рис. 12-4. Схема измерения переходного сопротивления контактов выключателя методом амперметра — вольтметра:

1 — траверса; 2 — контакты; 3 — вводный изолятор; 4 — вольтметр; 5 — микроамперметр; 6 — реостат; 7 — батарея

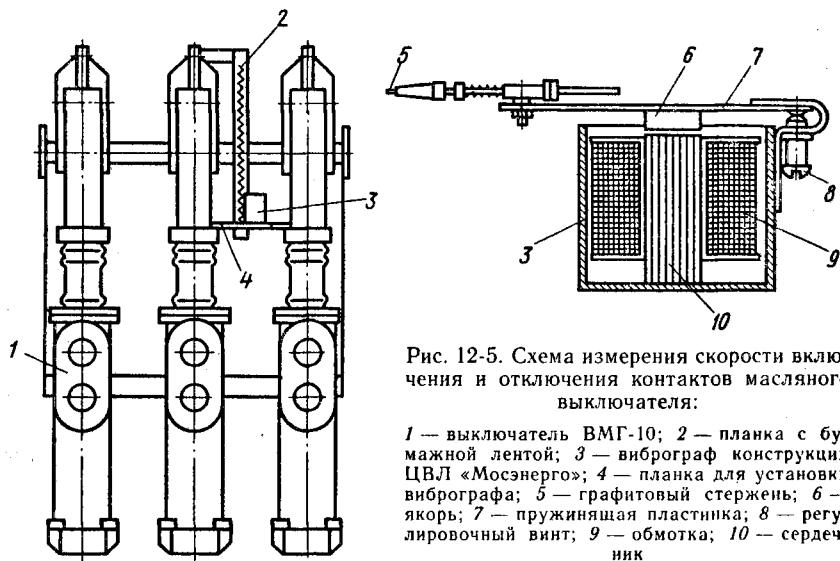


Рис. 12-5. Схема измерения скорости включения и отключения контактов масляного выключателя:

1 — выключатель ВМГ-10; 2 — планка с бумажной лентой; 3 — виброграф конструкции ЦВЛ «Мосэнерго»; 4 — планка для установки вибрографа; 5 — графитовый стержень; 6 — якорь; 7 — пружинящая пластинка; 8 — регулировочный винт; 9 — обмотка; 10 — сердечник

Для измерений к подвижной части выключателя прикрепляют планку 2 с лентой плотной бумаги. Виброграф устанавливают так, чтобы графитовый стержень прилегал к поверхности бумажной ленты и совершал колебания в плоскости, перпендикулярной движению ленты. Питание на виброграф подается одновременно с импульсом на включение или отключение выключателя. При движении подвижной части выключателя вместе с бумажной лентой графитовый стержень вычерчивает на ней синусоидальную кривую, называемую виброграммой, по которой можно определить ход, время и скорость движения подвижных частей выключателя.

Сопротивление изоляции подвижных и направляющих частей выключателей, выполненных из органических материалов, измеренных мегаомметром напряжением 2500 В, считается удовлетворительным, если при номинальном напряжении выключателя 3—10 кВ составляет не менее 1000 МОм, а при номинальном напряжении выключателя 15—150 кВ — не менее 3000 МОм.

Сопротивление изоляции вводов с бумажно-масляной изоляцией, измеренное мегаомметром на напряжении 1000—2500 В, должно составлять не менее 1000 МОм. Измерение проводят между последними обкладками вводов с проходными изоляторами и соединительной втулкой. Значения испытательных напряжений промышленной частоты, которые должна выдержать изоляция масляного выключателя в течение 1 мин, приведены в табл. 11-1.

Выключатель нагрузки на напряжение 6 кВ испытывают повышенным напряжением 29 кВ, а на номинальное напряжение 10 кВ — повышенным напряжением 36 кВ в течение 1 мин. Измеренное при температуре +20 °С значение тангенса диэлектрических потерь вводов и проходных изоляторов с бакелитовой изоля-

цией для выключателей с номинальным напряжением 3—15 кВ обычно при хорошем ее состоянии составляет не более 3% относительной величины, а при номинальном напряжении выключателя 20—35 кВ — не более 2,5%.

Напряжение срабатывания катушек отключения приводов масляных выключателей и выключателей нагрузки должно быть не менее 35% от номинального, а напряжение надежной их работы — не более 65% от номинального. Масляные выключатели и выключатели нагрузки проверяют на включение и отключение при напряжениях в момент включения на зажимах привода 110, 100, 90 и 80% от номинального. Количество операций для каждого режима опробования составляет 3—5.

Контакты масляного выключателя проверяют на одновременность включения по схеме (рис. 12-6). При включении контактов контрольные лампы должны загораться одновременно. Ход подвижной части выключателя, вжим (ход) контактов при включении, одновременность и скорость замыкания и размыкания контактов считаются удовлетворительными, если они соответствуют рекомендациям заводов-изготовителей. Механизм свободного расцепления масляных выключателей

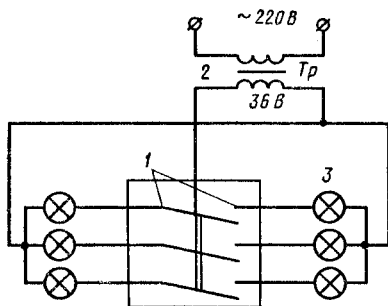


Рис. 12-6. Проверка одновременности включения контактов масляного выключателя:

Рис. 12-6. Проверка одновременности включения контактов масляного выключателя:  
1 — контакты выключателя; 2 — понижающий трансформатор; 3 — контрольные лампы

чателей проверяют в работе при включенном положении привода, в двух-трех промежуточных его положениях и на границе зоны действия свободного расцепления. Выключатели нагрузки испытывают так же, как масляные выключатели.

Разъединители испытывают, когда они полностью собраны и отрегулированы. Сопротивление изоляции поводков и тяг, выполненных из органического материала, измеренное мегаомметром на напряжение 2500 В, при номинальном напряжении разъединителя 3—10 кВ должно составлять не менее 1000 МОм, а при 15—150 кВ — не менее 300 МОм. Изоляцию разъединителей испытывают повышенным напряжением промышленной частоты. Значения испытательного напряжения принимают по табл. 11-1; продолжительность испытания при изоляторах с основной изоляцией из твердых органических материалов составляет 5 мин, а при керамических изоляторах — 1 мин. Испытаниям подвергают измерительные трансформаторы.

Сопротивление изоляции первичных обмоток измерительных трансформаторов измеряют мегаомметром на напряжение 2500 В, вторичных — мегаомметром на напряжение 1000 В. Сопротивле-



ние в обоих случаях не нормируется. При оценке сопротивления изоляции вторичных обмоток для ориентировки можно руководствоваться следующими величинами: для трансформаторов тока, встроенных во втулки масляного выключателя, нормальным считается сопротивление изоляции, равное 10—20 МОм, а для выносных трансформаторов тока — 50—100 МОм.

Изоляцию измерительных трансформаторов также испытывают повышенным напряжением промышленной частоты; напряжение испытания принимают для первичных обмоток по табл. 11-1, а для вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями — 1 кВ. Продолжительность испытания для первичных обмоток трансформаторов тока равна 1 мин, если основная изоляция керамическая, и 5 мин, если она выполнена из органических твердых материалов или кабельных масс.

Продолжительность испытания изоляции вторичных обмоток трансформаторов тока, так же как и для обеих обмоток трансформаторов напряжения, равна 1 мин. У трансформаторов напряжения измеряется ток холостого хода, значение которого не нормируется. У трансформаторов тока снимают характеристику намагничивания сердечников, которую сравнивают с характеристикой исправного аналогичного трансформатора. У встроенных трансформаторов тока, трансформаторов, предназначенных для работы в цепях учета энергии, и трансформаторов с переключающими устройствами измеряют коэффициент трансформации (на всех ответвлениях). Отклонение измеренного коэффициента трансформации от паспортного не нормируется.

## **§ 12-2. Обслуживание подстанций и распределительных устройств**

Формы обслуживания подстанций (ПС) и распределительных устройств (РУ) определяются их расположением и значением в энергосистеме, в промышленном предприятии и степенью автоматизации и телемеханизации. В промышленных предприятиях и сетевых районах имеются ПС и РУ с постоянным дежурством персонала и без него. В первом случае дежурный персонал находится постоянно на обслуживаемом объекте, во втором случае персонал не прикрепляют к одному объекту; он производит одновременное обслуживание нескольких ПС и РУ. На автоматизированных и телемеханизированных ПС и РУ обслуживание централизовано; на них отсутствует постоянный дежурный персонал промышленного предприятия или сетевого района, за которым закреплено несколько ПС и РУ.

Осматривать оборудование на ПС и РУ можно при наличии напряжения и при снятом напряжении одновременно с их ремонтом. При осмотре без снятия напряжения соблюдают необходимые меры предосторожности, например запрещается проникать за ограждения или заходить в камеры РУ и ПС. При осмотрах эксплуатируемых ПС и РУ следят за тем, чтобы температура воздуха

внутри помещений не превышала  $+40^{\circ}\text{C}$  и не отличалась от температуры наружного воздуха более чем на  $15^{\circ}\text{C}$ . Необходимость этого контроля обуславливается тем, что для оборудования и аппаратуры ПС и РУ опасен нагрев выше пределов, допускаемых ГОСТом. Важнейшее значение имеет тщательный уход за оборудованием и производственными помещениями; строгое выполнение указаний производственных и заводских инструкций. Необходимо поддерживать чистоту в помещении, так как запыление изоляции приводит к ее ускоренному износу; пыль, попадая во вращающиеся механизмы, ухудшает условия их работы. Очень важно следить за состоянием систем охлаждения трансформаторов, электродвигателей и выключателей. Для понижения температуры либо снижают нагрузку на оборудование и аппаратуру ПС и РУ, либо усиливают вентиляцию, с тем чтобы отвести избыток теплоты наружу. Вентиляция должна обеспечивать заданный температурный режим в помещении при различных колебаниях температуры окружающего воздуха.

Превышение допустимых температур нагрева сильно влияет на изоляцию оборудования и аппаратов, вызывая ее ускоренное старение, а при значительном перегреве может произойти разрушение и пробой изоляции. Повышение температуры разъемных контактных соединений ведет к усиленному окислению контактных поверхностей, увеличению их переходного сопротивления и к еще большему нагреву.

Повышенные нагревы могут возникать не только в том случае, если ухудшается охлаждение, но и при перегрузках соответствующих аппаратов и оборудования. Поддержание надежного и экономичного режима работы всего оборудования входит в обязанности оперативного дежурного персонала.

На экономичность работы установки влияет правильное распределение нагрузки между параллельно работающими агрегатами и их число, схема сети и ряд других факторов. Если нагрузка уменьшается, то бывает целесообразно, чтобы работало меньшее количество агрегатов, так как при этом сокращаются потери энергии.

При осмотрах маслonaполненных аппаратов следят за тем, чтобы они содержали необходимое количество масла. Это обстоятельство имеет особенно важное значение в тех случаях, когда масло является дугогасящей средой; отключение короткого замыкания при недостатке масла в аппарате приводит к аварии. Ответственное место в масляных выключателях — контактная система, четкость работы которой может нарушиться при отключениях коротких замыканий. Поэтому после разрыва выключателем тока к. з. большей мощности производят осмотр выключателя и проверяют качество контактной системы как в отношении четкости работы, так и одновременности включения контактов. Качество состояния контактов признается удовлетворительным, если их переходное сопротивление соответствует данным завода-изготовителя.

Перед измерением несколько раз включают и отключают аппарат для того, чтобы вызвать самоочистку контактов. У правильно отрегулированных контактов одновременность их включения составляет не более 0,5—3% хода их траверсы. Для нормальной работы воздушных выключателей необходимо, чтобы подаваемый к ним сжатый воздух был свободен от механических примесей и не имел повышенной относительной влажности (более 50%). Воздух сушат редуцированием. Примеси в воздухе понижают четкость работы выключателя, а наличие повышенной влажности вызывает конденсацию влаги и перекрытие изоляции внутри выключателя. Обслуживающий персонал систематически следит за исправностью фильтров, очищающих воздух, и состоянием водопоглотителей (адсорбентов), своевременно заменяя их наполнителем. Магистральные воздухопроводы РУ и ПС продувают не реже одного раза в год.

При осмотре обращают внимание на то, чтобы плиты, закрывающие кабельные каналы, во избежание распространения огня при пожарах в каналах были из негорючих материалов. При осмотрах проверяют исправность вентиляции общего назначения и аварийной, предназначенной для быстрого вывода при авариях из ПС и РУ продуктов сгорания органической изоляции, а также исправность отопления и сети освещения. Кровля помещений должна быть всегда в исправности, так как попадание внутрь помещений влаги приводит к увлажнению изоляции электрооборудования и аппаратов. Все проемы и отверстия в наружных стенах закрывают сетками. Подъездные дороги для транспорта к ПС и РУ по условиям пожарной безопасности должны всегда находиться в исправном состоянии и ничем не загромождаться.

При осмотрах РУ напряжением до 1000 В разрешается проводить без наряда следующие работы: уборку помещения, смену ламп, ремонт замков и дверей, замену плавких вставок при снятом напряжении, ремонт или замену выключателей освещения. Сроки осмотров РУ без их отключения зависят от вида обслуживания, принятого для них: на объектах с постоянным дежурством — один раз в сутки (для выявления наличия электрических разрядов — не реже одного раза в месяц); на объектах без постоянного дежурного персонала — не реже одного раза в месяц.

График плановых осмотров РУ и ПС устанавливает главный энергетик предприятия. Кроме плановых осмотров все РУ и ПС подлежат внеочередным осмотрам после ликвидации короткого замыкания. Внеочередные осмотры открытых РУ и ПС проводят также при неблагоприятной погоде. Во время осмотров в журналах записывают показания приборов (вольтметров, амперметров и др.) и фиксируют выявленные при осмотрах неисправности, с тем чтобы они могли быть устранены в кратчайший срок. Для контроля обнаруженных неисправностей в журнале имеется специальная графа, в которой отмечается время ликвидации неисправности. При эксплуатации РУ и ПС необходимо осматривать состояние резервного электрооборудования. Оно должно быть готово к включению в

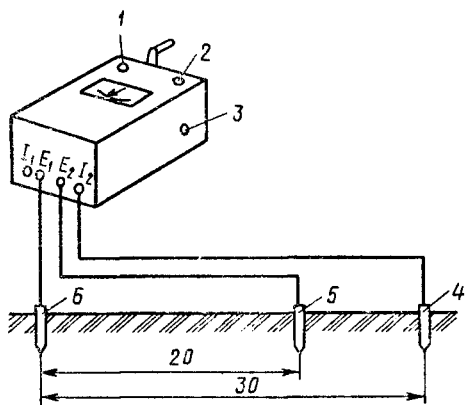
любой момент без предварительной подготовки. Такую проверку осуществляют периодически, включая резервное оборудование под напряжение. Сроки проверки резервного электрооборудования устанавливаются местными инструкциями.

Периодические осмотры шкафов КРУ и смонтированных в них аппаратов проводят также в зависимости от местных условий. При осмотрах КРУ проверяют состояние электрической изоляции устройства, выключателей, проводов, механизмов доводки и блокировки разъединяющихся контактов первичной и вторичной цепей и наличие смазки на трущихся частях механизмов. Периодически контролируют состояние резервных элементов КРУ (трансформаторов, кабельных муфт, шин), с тем чтобы они всегда находились в состоянии, допускающем их немедленное включение в эксплуатацию.

Большую роль в повышении надежности и экономичности режима работы электроустановок и улучшении качества электроэнергии играют устройства автоматики, телемеханики и диспетчеризации. Поэтому они всегда должны быть включены в работу. Их роль особенно возрастает при авариях и других внезапных изменениях режима работы электроустановок.

Наиболее сложными и ответственными являются действия дежурного персонала при ликвидации нарушений режима работы установки, вызванных повреждением или аварией оборудования. Такие нарушения режима обычно происходят неожиданно и требуют от дежурного персонала незамедлительных действий.

При обслуживании ПС периодически проверяют состояние заземляющего устройства и, если необходимо, измеряют его сопротивление специальным прибором — измерителем заземления МС-07 или МС-08. Для измерения (рис. 12-7) используют вспомогательный 4 и потенциальный 5 заземлители — стальные стержни диаметром не менее 5 мм, забиваемые в грунт на глубину 0,5 м. Потенциальный заземлитель называется зондом. Измеритель



заземления 1 располагают в непосредственной близости к испытываемому заземлителю 6; вспомогательный заземлитель и зонд — соответственно на расстояниях 30 и 20 м от измеряемого заземления. При измерениях зажимы  $I_1$  и  $E_1$ , замкнутые перемычкой, присоединяют к испытываемому заземлителю. К зажиму  $I_2$  присоединяют вспо-

Рис. 12-7. Схема включения измерителя заземления МС-07

могательный заземлитель, а к зажиму  $E_2$  — зонд. Перед измерением производят компенсацию сопротивления зонда, для чего переключатель  $Z$  ставят в положение *Регулировка* и, вращая рукоятку генератора с частотой вращения 135 об/мин, поворотом головки переключателя пределов измерения 2 устанавливают стрелку прибора на красную отметку шкалы. Если это не получается, необходимо уменьшить сопротивление зонда. Затем измеряют сопротивление заземляющего устройства, отсчитывая его по шкале (в омах) с учетом выбранного коэффициента измерения.

### **§ 12-3. Сроки осмотров, ремонта и профилактических испытаний, электрооборудования подстанций и распределительных устройств**

При эксплуатации производят осмотр, чистку, ремонт и профилактические испытания оборудования подстанций и распределительных устройств.

Текущий ремонт включает работы, не требующие вскрытия оборудования: чистку электрооборудования от пыли; проверку действия движущих частей аппаратуры; контроль состояния изоляции; подтяжку крепящих болтов по мере надобности в сроки, установленные главным энергетиком предприятия.

Отключение для ремонта любого РУ и ПС неизбежно вызывает нарушение нормальной схемы электроснабжения потребителей, поэтому ремонт должен начинаться со сборных шин и линейных присоединений, т. е. с транзитной части РУ. Такой порядок позволяет при необходимости, не закончив весь объем ремонтных работ, включить сборные шины и создать нормальную схему для других ПС.

При проверке контактов шин затяжку выполняют гаечными ключами. Качество контакта при ремонте проверяют щупом толщиной 0,05 мм и шириной 10 мм, который не должен проходить на глубину более 5 мм, а в процессе эксплуатации с помощью термоиндуктора. В качестве стационарного индикатора применяют специальную пленку, наклеиваемую вблизи контактов. При температуре 60—70 °С термопленка имеет красный цвет, при дальнейшем нагревании — темнеет, что указывает на плохой контакт затяжки шин. Масляные выключатели и их приводы, разъединители с приводами и заземляющие ножи ремонтируют не реже одного раза в три года, а воздушные выключатели с их приводом — не реже одного раза в два-три года; все остальные аппараты РУ — по результатам осмотров и профилактических испытаний. Кроме указанного выключателя ремонтируют после того, как произведено отключение трех-четырёх коротких замыканий.

Капитальный ремонт электрооборудования ПС и РУ производят с вскрытием оборудования. Масляные выключатели и их приводы подвергают капитальному ремонту не реже одного раза в три года, а воздушные выключатели с их приводом — не реже

одного раза в два-три года. Кроме указанного масляные и воздушные выключатели подвергают внеочередному капитальному ремонту после того, как произведено отключение трех-четырех коротких замыканий. Разъединители и их приводы дистанционного управления, а также заземляющие ножи подвергают ремонту не реже одного раза в три года, все остальные аппараты ПС и РУ — по результатам осмотров и профилактических испытаний.

Приведенные сроки работы электрооборудования РУ без капитального ремонта являются максимальными и соответствуют нормальным условиям эксплуатации этого электрооборудования. При тяжелых условиях эксплуатации, например повышенной частоте отключений к. з., капитальный ремонт выключателей производят чаще — в сроки, установленные главным энергетиком предприятия применительно к местным условиям.

Профилактические испытания масляных и воздушных выключателей, их приводов, а также приводов дистанционного управления разъединителей производят, как правило, одновременно с капитальным ремонтом. Статические конденсаторы, маслonaполненные измерительные трансформаторы, контакты соединений шин и присоединений к аппаратам (при отсутствии термоминдикаторов) подвергают профилактическим испытаниям не реже одного раза в три года, остальные аппараты РУ — не реже одного раза в шесть лет.

Объем и порядок профилактических испытаний и нормы для них приводятся в ПТЭ и ПТБ. Объем и сроки профилактических испытаний силовых трансформаторов определяются местными инструкциями, в которых учитываются условия работы трансформаторов и их техническое состояние.

#### **§ 12-4. Оперативные переключения**

Оперативные переключения — одна из наиболее ответственных операций, выполняемых дежурным персоналом электроцеха РУ и ПС. Переключения выполняет дежурный персонал, прошедший специальную подготовку. Все сложные и простые переключения в установках, не имеющих устройств блокировки разъединителя, производят два человека, один из которых непосредственно выполняет переключения, а другой контролирует их правильность. Перечень лиц, которым предоставлено право производить оперативные переключения, ограничивается и утверждается лицом, ответственным за электрохозяйство установки.

Оперативные переключения производят по распоряжению лица, в ведении которого находится РУ и ПС. Дежурный, которому предстоит осуществить переключения, на основе полученного распоряжения продумывает предстоящие операции. После этого он заполняет бланк переключений, в котором дается последовательность предстоящих операций. Производить оперативные переключения без бланков переключений разрешается в особых случаях при пожарах, несчастных случаях с людьми и ликвидации аварий.

Исполнителю перед выполнением переключения разъясняют порядок и последовательность предстоящих действий. При переключениях необходимо помнить, что высоковольтный выключатель и разъединитель предназначены для разных функций — разъединитель не предназначен для отключения или включения электросети с нагрузкой. Если его использовать для этой цели, это приведет к образованию дуги, которая перебросится на соседние фазы, вызывая короткое замыкание. Замыкание и размыкание нагрузочной цепи является операцией, для которой предназначен силовой выключатель, имеющий специальное дугогасящее устройство. Перед операцией разъединителем предварительно убеждаются, что выключатель действительно находится в отключенном положении. Разъединитель необходимо включать быстро, доводя операцию до конца даже при возникновении дуги при подходе ножа к неподвижному контакту. Отключать разъединитель надо, наоборот, медленно; в случае появления дуги в начале операции разъединитель необходимо быстро и решительно включить обратно. Ниже приведены примеры простейших оперативных переключений в РУ и ПС.

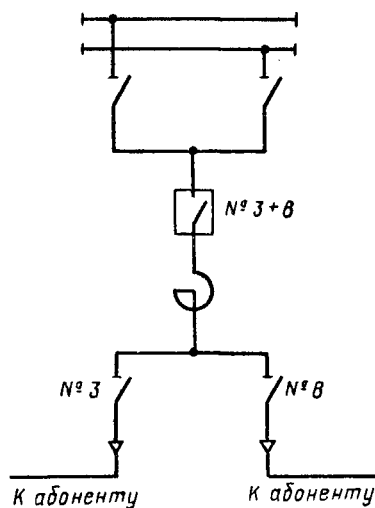


Рис. 12-8. Схема вывода в ремонт одной из спаренных кабельных линий № 3 напряжением 10 кВ, питающихся от одного выключателя

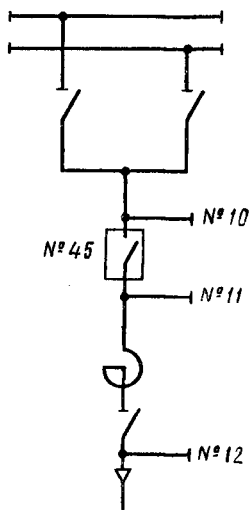


Рис. 12-9. Схема включения в работу линии напряжением 10 кВ после ремонта

Вывод в ремонт одной из спаренных кабельных линий № 3 напряжением 10 кВ, питающейся от одного выключателя, показан на рис. 12-8. Для этого надо предварительно снять нагрузку с кабеля № 3 у потребителя. Затем выяснить длину кабеля. Если его длина более 10 км, то отключать разъединителями зарядный ток запрещается.

При длине кабеля до 10 км по амперметру проверяют отсутствие нагрузки на кабеле и отключают линейные разъединители кабеля № 3; закрывают на замок привод отключенного разъединителя; на приводе линейных разъединителей вывешивают плакат «*Не включать — работают люди*»; сообщают потребителю о снятии напряжения с кабеля № 3, после чего потребитель, соблюдая все правила безопасности, устанавливает у себя защитное заземление, вывешивает необходимые плакаты. Только после этого можно производить ремонтные работы.

В работу линию напряжением 10 кВ включают после ремонта (рис. 12-9). Например, получено распоряжение включить в работу после ремонта линию № 45. Действие персонала: снять заземление № 10 и 11 с выключателя и заземление № 12 с линейных разъединителей линии № 45, а также все плакаты и ограждения; по механическому указателю или по положению контактов проверить отключение выключателя линии № 45; снять замки с приводов разъединителей линии № 45; включить шинные разъединители линии на заданную систему шин; включить линейные разъединители линии; подать оперативный ток на привод выключателя линии № 45; включить выключатель; сообщить потребителю о том, что напряжение на линию № 45 подано. По условиям техники безопасности при включении и отключении разъединителей необходимо пользоваться изолирующей штангой и диэлектрическими перчатками.

## § 12-5. Эксплуатация силовых трансформаторов

Силовой трансформатор — один из основных элементов электрической сети или энергосистемы. Быстрый рост отечественной энергетики обусловил создание надежно работающих трансформаторов больших мощностей на высокие напряжения — 330, 500, 750 и 1150 кВ. Важнейшее требование, предъявляемое к эксплуатации трансформаторных установок, — контроль за температурой трансформаторов. Это объясняется тем, что при работе трансформатора с температурой выше допустимой сокращается срок службы изоляции обмоток и находящегося в нем изоляционного масла.

Контрольные и сигнальные устройства трансформаторов позволяют следить за состоянием трансформатора при его работе. Так, с помощью маслоуказателя контролируют уровень масла. Термометры и термосигнализаторы показывают температуру масла в верхних слоях. Манометры показывают давление масла и воды до и после маслоохладителя и на насосных системах охлаждения, а мановакуумметры указывают давление в баке герметизированного трансформатора. Степень нагрева трансформатора определяется в основном величиной нагрузки, которая определяется значением тока, проходящего по обмоткам трансформатора, определяемого амперметром, включенным через трансформаторы тока.



Существенную роль в нагреве трансформатора играет температура окружающего воздуха. Чтобы не допустить повышения температуры в помещениях, где установлены трансформаторы, предусматривают вентиляцию, которая отводит нагретый воздух из камеры трансформатора и засасывает холодный. При работе трансформатора с номинальной нагрузкой разница между температурой отводимого и засасываемого воздуха не должна превышать 15 °С.

Если естественная вентиляция оказывается недостаточной, устанавливают принудительную.

Для осушения воздуха, входящего в помещение, где установлен трансформатор, широко применяются воздухоосушители, а также устройства для химической очистки и восстановления (регенерации) масла. Применение этих устройств значительно повышает срок службы масла и замедляет процесс старения твердой изоляции. Применяемый в указанных устройствах сорбент — силикагель хорошо поглощает влагу из воздуха, а также влагу, шламы, кислоты и перекисные соединения из масла. В настоящее время ведется поиск новых, более эффективных конструкций таких устройств, в частности разработан термоэлектрический осушитель воздуха. Но в трансформаторах, в которых масло соприкасается с окружающим воздухом, наиболее широко применяется испытанный временем простой силикагелевый воздухоосушитель с масляным затвором. Для защиты масла от увлажнения и окисления все более широкое применение находит азотная защита. Она исключает непосредственное соприкосновение масла с окружающим воздухом. В последнее время начинает внедряться также пленочная защита, которая практически полностью исключает контакт масла с окружающим воздухом с помощью гибкой оболочки, встроенной в расширитель трансформатора. Защитным устройством от повышения давления в баке трансформатора с расширителем служит выхлопная труба.

Для снижения давления сверх допустимого широко внедряются механические клапаны; для трансформаторов без расширителей теперь применяется реле механического действия, снижающее давление путем разрушения стеклянной мембраны с помощью приспособления, реагирующего на повышение давления. Очень важным защитным устройством является газовое реле. Оно также реагирует на повышение давления в баке трансформатора. Реле устанавливается на трансформаторах с расширителями; его назначение — давать сигнал о скоплении определенного количества газа и отключать трансформатор при бурном газообразовании или при превышении скорости масла, направляющегося к расширителю, по сравнению с нормальной скоростью движения масла.

Работающие трансформаторы осматривают, не отключая их от сети. Периодичность осмотров определяют исходя из того, является ли трансформаторная установка объектом с постоянным дежурством или без него. При постоянном дежурстве трансформаторы главных и основных потребителей осматривают один раз

в сутки, остальные — один раз в пять суток. В случае без дежурства трансформаторы осматривают один раз в месяц, а трансформаторные пункты — не реже одного раза в шесть месяцев. Указанные сроки осмотра силовых трансформаторов соответствуют средним условиям их эксплуатации, предусмотренным рекомендациями заводов — изготовителей этих трансформаторов. В том случае, когда силовые трансформаторы работают в напряженном режиме, их осматривают чаще. Потребность в более частых осмотрах возникает также при недостаточно удовлетворительном техническом состоянии трансформаторов, например при большой степени износа. В этих случаях главный энергетик предприятия устанавливает более частую периодичность осмотров трансформаторов.

Кроме очередных осмотров трансформаторов производят также и внеочередные, надобность в которых возникает, например, после отключений, в результате срабатывания защиты или при резком понижении температуры окружающей среды, так как в этом случае масло может уйти из расширителя. По действующему ГОСТу термометры, показывающие температуру верхних слоев масла при максимально допустимой температуре окружающего воздуха ( $35^{\circ}\text{C}$ ), не должны превышать  $95^{\circ}\text{C}$ , а превышение температуры масла над температурой окружающей среды не должно быть более  $60^{\circ}\text{C}$ . Силовые трансформаторы с дутьевым охлаждением допускают работу с отключенным дутьем, если температура верхних слоев масла не превышает  $55^{\circ}\text{C}$ , а его нагрузка — 100 % номинальной мощности.

Однако при длительной работе трансформатора с предельной температурой сокращается срок его службы. Поэтому для трансформаторов обычно устанавливают режим работы, при котором температура масла держится на уровне  $85^{\circ}\text{C}$ . Дальнейшее повышение температуры является признаком перегрузки трансформатора, его неисправности или недостаточного охлаждения. Необходимо осматривать уровень и цвет масла, находящегося в трансформаторе; уровень масла должен находиться на контрольной черте; хорошее масло имеет светло-желтый цвет.

Внимательно осматривают также внешнее состояние изоляторов, на которых могут появляться трещины, иметь место вытекания мастики, следы перекрытий, загрязнение и другие дефекты. Одновременно производят тщательный наружный осмотр состояния заземления трансформатора и проверяют, не вытекает ли масло из его кожуха. Важно осмотреть состояние строительной части помещения. Силовые трансформаторы осматривает дежурный персонал; при этом он находится перед барьером. При обнаружении неисправности в работе трансформатора об этом сообщают старшему руководителю (мастеру, начальнику электроцеха, главному энергетнику), делают соответствующую запись в эксплуатационном журнале и принимают меры к устранению неисправности.

Указанные осмотры в порядке контроля за действиями дежурного персонала должны дополняться периодическими осмотра-

ми трансформаторных установок более квалифицированным персоналом. Текущий ремонт силового трансформатора с отключением его от питающей сети производят в порядке реализации ППР. Периодичность текущих ремонтов силовых трансформаторов зависит от их технического состояния и от условий эксплуатации. Сроки текущих ремонтов устанавливают в местных инструкциях предприятия. Однако такие ремонты следует производить не реже одного раза в год.

В текущий ремонт трансформаторов с отключением от сети входит наружный осмотр трансформатора, устранение дефектов, а также очистка изоляторов и бака (спускают грязь из расширителя), при необходимости в него доливают масло и проверяют правильность показаний маслоуказателя, осматривают спускной кран, уплотнения и охлаждающие устройства; последние очищают; проверяют состояние газовой защиты и целостность мембраны выхлопной трубы; проводят необходимые измерения и испытания. При хорошо выполняемом текущем ремонте сокращаются аварийные выходы из строя трансформаторов, а продолжительность их работы возрастает. У каждого трансформатора, находящегося в эксплуатации, происходит постепенный износ изоляционных материалов. При неполной загрузке силового трансформатора износ его изоляции незначительный. За счет этого разрешается в отдельные периоды перегрузка трансформатора, которая не сокращает нормальный срок его работы. Это значение перегрузки дано в правилах технической эксплуатации потребителей. Допустимую перегрузку силового трансформатора в отдельные часы суток за счет его недогрузки в другие часы определяют по диаграммам нагрузочной способности трансформатора (рис. 12-10) и суточным графиком нагрузки (рис. 12-11). Такие диаграммы составлены для силовых трансформаторов с естественным масляным и принудительным воздушным охлаждением, исходя из нормального срока износа изоляции трансформаторов от нагрева.

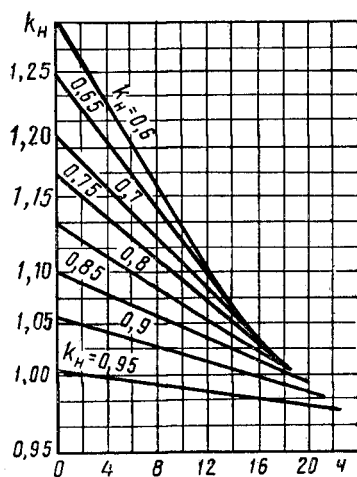


Рис. 12-10. Диаграмма нагрузочной способности масляных трансформаторов

Для пользования указанными диаграммами необходимо знать коэффициент суточной нагрузки, определяемый по формуле.

$$k_n = \Sigma It / (24I_{\max}) = I_{\text{ср.сут}} / I_{\max},$$

где  $\Sigma It$  — площадь, ограниченная графиком нагрузки;  $I_{\max}$  — максимальный ток нагрузки за сутки;  $I_{\text{ср.сут}}$  — среднесуточный ток нагрузки.

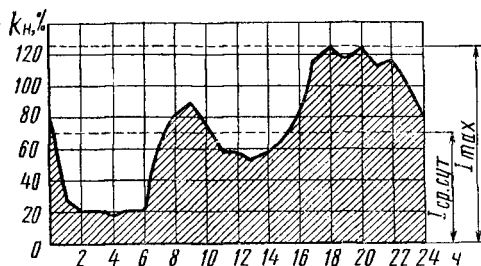


Рис. 12-11. Суточный график нагрузки на трансформаторе

Длительные эксплуатационные перегрузки всех типов силовых трансформаторов в зависимости от коэффициента загрузки допускаются в размерах, указанных в табл. 12-1. Коэффициентом загрузки называют отношение средней нагрузки трансформатора за сутки к его номинальной мощности.

Таблица 12-1

Коэффициент загрузки (определяется по суточному графику)	Допустимая перегрузка трансформаторов, %, при различной длительности перегрузки, ч					
	2	4	6	8	10	11
0,5	28	24	20	16	12	7
0,6	23	20	17	14	10	6
0,7	17,3	15	12,5	10	7,5	5
0,75	14	12	10	8	6	4
0,8	11,5	10	8,5	7	5,5	3
0,9	8	7	6	4,5	3	2

Чтобы определить допустимую перегрузку трансформатора зимой за счет его недогрузки летом, устанавливают следующее правило: если максимум среднего суточного графика нагрузки в летние месяцы меньше номинальной мощности трансформатора, то в зимние месяцы допускается перегрузка трансформатора в размере 1 % на каждый процент недогрузки, но не более чем на 15 % номинальной нагрузки. Общую допустимую перегрузку трансформатора подсчитывают с учетом коэффициента загрузки и летней недогрузки, но она не должна превышать 30 % номинальной. Кроме того, в процессе эксплуатации допускаются аварийные перегрузки силовых трансформаторов всех типов с естественным масляным охлаждением на время, необходимое для ввода резерва, независимо от значения предшествующей нагрузки, температуры окружающей среды и места установки трансформатора (с принудительным охлаждением масла) в следующих размерах и продолжительностью:

Нагрузка от номинальной мощности трансформатора, %	130	160	175	200	300
Допустимая длительность перегрузки, мин . . . .	120	45	20	10	1

Аварийные перегрузки сухих трансформаторов допускаются в следующих размерах и длительностью:

Нагрузка от номинальной мощности трансформатора, %	110	120	130	140	150	160
Длительность перегрузки, мин	75	60	48	35	20	5

Современные силовые трансформаторы при номинальном первичном напряжении работают с большими значениями магнитной индукции. Поэтому даже небольшое увеличение первичного напряжения вызывает повышенный нагрев стали трансформатора и может угрожать его целостности. Поэтому при эксплуатации трансформатора значение подводимого напряжения ограничивают и контролируют его. Максимально допустимое превышение первичного напряжения принимается для трансформаторов равным 5 % от напряжения, соответствующего данному ответвлению. Особенность силовых трансформаторов, работающих с принудительным охлаждением масла, — быстрое повышение температуры масла при прекращении работы системы охлаждения. Однако учитывая значительную теплоемкость трансформаторов, допускают их работу в аварийных режимах при прекращении циркуляции масла или воды, а также при останове вентиляторов указанных дутья. Предельная длительность работы трансформаторов в указанных условиях определяется местными инструкциями. В инструкциях учитываются как результаты предыдущих испытаний, так и заводские данные трансформаторов. Но при всех условиях работу трансформаторов при прекращении работы системы охлаждения допускают не больше чем в течение 1 ч.

Значение сопротивления изоляции обмоток силовых трансформаторов не нормируется, тем не менее эта характеристика относится к числу важнейших показателей состояния трансформатора, и ее систематически контролируют, сравнивая со значением, которое имеется при вводе трансформатора в эксплуатацию. Измерения проводят при одинаковой температуре и одинаковой продолжительности испытания (обычно 1 мин). Значение сопротивления изоляции обмоток трансформатора считается удовлетворительным, если оно составляет не менее 70 % от первоначального значения.

Контроль за нагрузкой силового трансформатора — необходимое условие обеспечения нормального срока службы. Если вести эксплуатацию силового трансформатора, не превышая допускае-

мых для него нагрузок, то срок службы трансформатора может составить около 20 лет.

Следует учитывать, что систематические недогрузки трансформатора для удлинения срока его службы имеют и свои отрицательные стороны: за это время конструкция трансформатора морально стареет. Для контроля нагрузки трансформаторов мощностью 1000 кВ · А и выше устанавливают амперметры, шкала которых соответствует допускаемой перегрузке трансформатора.

Температуру масла трансформаторов мощностью менее 100 кВ · А контролируют ртутными термометрами. При меньшей мощности трансформаторов для этой цели используют также манометрические термометры, обладающие меньшей точностью, чем ртутные, и время от времени их показания сверяют с показаниями ртутных термометров.

При неправильном включении трансформаторов на параллельную работу могут возникать короткие замыкания, а также неравномерное распределение нагрузки между работающими трансформаторами. Чтобы этого не происходило, в трансформаторах, включаемых на параллельную работу, должно выполняться: равенство коэффициентов трансформации и напряжений короткого замыкания; совпадение групп соединения и фаз соединяемых цепей (фазировка); отношение мощностей трансформаторов, не превышающее трех. Для этого проверяют также приведенные рекомендации по заводским данным трансформаторов, включаемых на параллельную работу. Если проверка подтверждает наличие указанных условий, то приступают к фазировке трансформаторов, после чего их можно включить на параллельную работу. Фазировку трансформаторов производят перед их включением в эксплуатацию после монтажа или капитального ремонта со сменой обмоток.

До включения трансформатор после капитального или текущего ремонта проверяют результаты предписанных испытаний и измерений. Релейную защиту трансформатора устанавливают на отключение. После этого внимательно осматривают трансформаторную установку, проверяют состояние системы управления и сигнализации, а также положение коммутационной аппаратуры; отсутствие переносных закорок и заземлений; опробуют действия привода выключателя путем однократного включения и отключения, без чего приступать к оперированию разъединителями не разрешается.

Пробное включение трансформатора в сеть производят толчком на полное напряжение. Это включение опасности для трансформатора не представляет, так как при наличии в нем повреждений он под действием защиты своевременно отключается от сети. Ввиду того что порядок включения и отключения трансформаторов в значительной мере регламентируется местными условиями, предприятия разрабатывают специальные инструкции, в которых отражаются следующие положения: трансформатор включается под напряжение с той стороны, где установлена защита; включение

и отключение разъединителями тока холостого хода трансформаторов может производиться лишь при напряжении и мощности трансформаторов, указанных в ПУЭ. В этих инструкциях отражаются также общие указания по эксплуатации трансформаторов.

Порядок оперирования переключателем ответвлений у трансформатора зависит от вида переключающего устройства. В этом случае, когда переключатель служит для переключения ответвлений под нагрузкой, переключения производят дистанционно и отключать трансформатор от сети не требуется. Если переключатель ответвлений не предназначен для переключений под нагрузкой, то оперировать им можно лишь после того, как трансформатор отключен от сети со всех сторон.

При эксплуатации трансформаторов может быть ложная работа газовой защиты в случае сквозных коротких замыканий, сопровождаемых толчком масла через газовое реле, а также из-за неисправности вторичных цепей, которые в местах подсоединения к реле обычно разъедаются маслом. Чтобы предотвратить это явление, для вторичных цепей применяют маслястойкую изоляцию. В каждом случае отключения трансформатора под действием газового реле проверяют правильность работы реле.

Если в газовом реле после его срабатывания обнаружен газ, то его необходимо проверить на горючесть. Одновременно берут пробу газа для химического анализа на содержание в нем веществ, характеризующих внутренние повреждения трансформаторов (повышенное содержание водорода и метана свидетельствует о разложении масла электрической дугой). Проверяют газ на горючесть горячей спичкой, которую подносят к предварительно открытому верхнему кранику газового реле. Если газ горит, это свидетельствует о наличии внутреннего повреждения в трансформаторе и его выводят из работы для внутреннего осмотра. Если выделяющийся газ оказывается негорючим и бесцветным, то это значит, что реле сработало из-за выделения воздуха из трансформатора, в этом случае необходимо выпустить воздух из реле.

Газовая защита работает на сигнал при попадании в трансформатор воздуха, медленном опускании уровня масла из-за снижения температуры или наличия течи масла, а также при повреждениях трансформатора, которые сопровождаются выделением небольшого количества газов. При внутреннем повреждении трансформатора с сильным газообразованием газовая защита работает на отключение. При понижении уровня масла реле отключает трансформатор; в этом случае масло доливают, а газовое реле переводят для работы на сигнал. Защиту на нормальную работу (на отключение) переводят после того, как выделение воздуха из бака трансформатора прекращается.

Сроки эксплуатационных испытаний трансформаторов и предъявляемые к ним требования в известной степени зависят от условий, в которых работают трансформаторы, их технического состояния (степени износа), а также от результатов ранее проведенных осмотров. Поэтому необходимые по этим испытаниям указания

даются в местных инструкциях главным энергетиком предприятия или лицом, ответственным за эксплуатацию трансформаторов. В процессе эксплуатации у трансформаторов измеряют сопротивление изоляции обмоток R60" и коэффициент абсорбции (R60"/R15"). Измерения проводят мегаомметром на напряжение 2500 В. Хотя значения этих показателей не нормируются, их учитывают при общей оценке состояния трансформатора.

При оценке указанных показателей исходят из их сравнения с аналогичными показателями, полученными при предыдущих измерениях, и, в частности, с заводскими данными. Чтобы сравнить эти показатели, измерения следует проводить при одной температуре и одинаковой продолжительности испытания (1 мин). При этом также измеряют тангенс угла диэлектрических потерь изоляции обмоток трансформатора. При резком повышении R60" по сравнению с ранее полученными значениями (на 30 % и более) необходимо выяснить причину этого явления. Причиной резкого повышения  $\text{tg } \delta$  изоляции обмоток может быть повышение  $\text{tg } \delta$  масла, находящегося в трансформаторе. Это уточняют с помощью проверочного измерения  $\text{tg } \delta$  масла.

## § 12-6. Эксплуатация трансформаторного масла

Особое значение в эксплуатации электроустановок имеет хорошее качество трансформаторного масла и правильная его эксплуатация, которое играет существенную роль в экономике энергохозяйства промышленных предприятий, так как при этом экономятся средства, расходуемые на масло, и сокращается необходимость в ремонте трансформаторов и других маслонаполненных аппаратов.

О состоянии и качестве трансформаторного масла судят по его химическим, механическим и электротехническим свойствам: кислотности, содержанию воды, механических примесей и взвешенного угля, вязкости, температуре вспышки и пробивному напряжению. Большое влияние на качество масла оказывает его окисление кислородом атмосферы, с которой масло находится в постоянном соприкосновении. Этому процессу способствуют солнечный свет, высокая температура и некоторые другие факторы. Повышение кислотности масла отрицательно отражается на изоляции обмоток трансформатора; приводит к ее химическому разрушению; понижает его электрическую прочность, являющуюся одной из важнейших характеристик трансформаторного масла.

Показателями, характеризующими степень окисления масла, являются кислотное число и реакция водной вытяжки. Кислотное число определяет количество миллиграммов едкого кали, которое требуется для нейтрализации всех свободных кислот в масле. Реакция водной вытяжки характеризует наличие в масле низкомолекулярных (нерастворимых) кислот. В годном для эксплуатации масле реакция водной вытяжки должна быть нейтральной. Важное значение в нормальной работе изоляционного масла имеет его



вязкость и температура вспышки, т. е. температура, при которой пары масла, нагреваемого в закрытом сосуде, образуют смесь, вспыхивающую, когда к ней подносят пламя. Для того чтобы изоляционное масло лучше отводило теплоту от нагретых элементов, оно должно хорошо циркулировать, т. е. обладать небольшой вязкостью. Температура вспышки масла не должна быть ниже установленных значений во избежание воспламенения масла при повышении температуры, вызванном перегрузкой трансформатора или масляного выключателя.

Содержание в масле механических примесей также определяет его качество. Примеси могут появиться при эксплуатации масла в результате растворения красок и изоляций, в виде угля, который образуется при электрической дуге, и также в виде осадка (шлама), представляющего собой продукты распада масла. Механические примеси в масле оказывают неблагоприятное влияние на работу трансформаторов и масляных выключателей — вызывают перекрытие между изолированными друг от друга элементами, понижают электрическую прочность масла. Необходимо отметить, что загрязнение и старение масла в процессе его эксплуатации ведет к повышению диэлектрических потерь в масле. Цвет масла в процессе эксплуатации изменяется и поэтому может также характеризовать его качество. Свежее масло имеет обычно светло-желтый цвет.

В процессе эксплуатации масло темнеет и приобретает темно-коричневую окраску. Изменение цвета масла происходит под влиянием его нагрева и загрязнения смолами и осадками. Вследствие того что характеристика масла в процессе эксплуатации ухудшается, его качество приходится периодически проверять. Такие проверки осуществляют один раз в три года, делая сокращенный анализ масла. Масло, годное для эксплуатации, должно удовлетворять следующим требованиям: кислотное число\* — не более 0,05 мг КОН на 1 кг масла; реакция водной вытяжки — нейтральная; механические примеси — визуальное отсутствие; падение температуры вспышки — не более 5 °С от первоначальной; взвешенный уголь в масле из трансформатора — отсутствие, а из выключателей — незначительное количество. Электрическая прочность для аппаратов напряжением до 15 кВ включительно не ниже 20 кВ/мм; плотность при 20 °С равна 0,84—0,89 г/см<sup>3</sup>; удельное объемное сопротивление равно 10<sup>14</sup>—10<sup>15</sup> Ом·см при 20 °С; tg δ масла трансформаторов при 20 °С — не более 2% и при 70 °С — не более 7%; зольность — не более 0,005%.

После капитальных ремонтов трансформаторов и других маслонаполненных аппаратов производят сокращенный анализ масла. Масло многообъемных масляных выключателей дополнительно проверяют на содержание взвешенного угля после отключения

---

\* Кислотное число определяется количеством миллиграммов едкого кали, которое необходимо для нейтрализации всех свободных кислых соединений, входящих в состав 1 г масла.

короткого замыкания (если токи к. з. превышают половину паспортного значения). Срок периодических испытаний при неблагоприятных для изоляционного масла условиях эксплуатации сокращают. К таким условиям относят, например, высокую рабочую температуру, влажный климат. Изоляционное масло, которое в эксплуатации не удовлетворяет указанным требованиям, восстанавливают.

При эксплуатации уровень масла в трансформаторах и выключателях постепенно понижается вследствие его испарения и периодических отборов для испытаний; поэтому время от времени масло доливают. В отдельных случаях смешение масел приводит к ухудшению их качества; поэтому смешивать масла можно лишь в том случае, если это подтверждается лабораторными испытаниями.

При применении масла в условиях низкой температуры особое значение приобретает температура застывания масла. При низкой температуре окружающей среды повышается вязкость масла, а это приводит к понижению скорости движения траверсы выключателя и ухудшает циркуляцию масла в маслonaполненных аппаратах. По нормам температура застывания масла для масляных выключателей, находящихся в неотапливаемых помещениях или на открытых РУ и ПС, в районах, где температура воздуха не бывает ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ , должна быть не выше  $-35^{\circ}\text{C}$  для масляных выключателей и  $-45^{\circ}\text{C}$  для трансформаторов. Температура застывания масла для остальных районов должна быть не выше  $-45^{\circ}\text{C}$ .

В настоящее время в эксплуатации находят применение кроме южных нефтей также и сернистые нефти западно-сибирских и восточных месторождений, отличающиеся от южных своим составом. Масло из сернистых нефтей можно смешивать с другими, но при условии, чтобы стабильность смеси была не хуже, чем у компонента с более низкой стабильностью. Масла из сернистых нефтей увеличивают переходное сопротивление на подвижных контактах и поэтому при вскрытии аппаратов, залитых этим маслом, осматривают контакты и измеряют их сопротивление постоянному току.

При отборе пробы масла для анализа и испытанию соблюдают большую аккуратность, так как от этого в значительной мере зависят результаты проверок. Из основных правил, которыми руководствуются при отборе проб масла для его анализа, необходимо отметить следующее: перед отбором пробы масла следует тщательно протереть край или пробку, через которые отбирается проба; для отбора пробы необходимо промыть маслопропускное отверстие путем выпуска некоторого количества масла; в качестве посуды для отбора масла используются хорошо промытыми стеклянными банками емкостью 0,5—1 л с притертыми пробками (моют и подготавливают банки в лаборатории, в которой испытывается масло); перед заполнением банок маслом для анализа их следует два раза сполоснуть маслом, предназначенным для анализа, лишь после этого банки заполняют маслом доверху и тщательно закрывают; пробы масла из аппаратуры открытых ПС необходимо брать лишь в сухую погоду, с тем чтобы в масло не мог попасть сырой воздух;

пробы масла во избежание возможных в нем изменений должны доставляться в лабораторию для анализа не позднее чем через семь дней после отбора масла; пробы масла снабжают ярлыками, в которых указывают, откуда и когда оно взято.

При работе персонала с маслом спецодежду (хлопчатобумажные костюмы летом и ватные телогрейки зимой) пропитывают маслом и она может при соприкосновении с огнем воспламениться, поэтому поверх спецодежды надевают куртку и брюки из капронового пластика, защищающего ее от масла.

В связи с тем что капрон от нагревания плавится и загорается, хлопчатобумажную спецодежду дополнительно обрабатывают специальным огнезащитным составом, который защищает ее от воспламенения, горения и тления при кратковременном соприкосновении с огнем, раскаленными предметами, искрами и т. п.

Если не принимать профилактических мер, трансформаторное масло сравнительно быстро ухудшает свои качества. При этом его приходится часто проверять, подвергать очистке и смене. Все это в значительной мере удорожает расходы по его эксплуатации. В настоящее время принимаются меры, направленные на замедление процессов старения изоляционного масла. Например, широко применяется способ циркуляции масла через термосифонный фильтр, в котором находится силикагель, поглощающий продукты старения масла, благодаря чему качества масла непрерывно восстанавливаются. Термосифонная регенерация масла производится без отключения трансформаторов, что особенно важно при работе трансформаторов, не имеющих резерва трансформаторной мощности.

Применение трансформаторных масел с присадкой к ним антиокислителей ВТИ-1 повышает стабильность масла, так как при этом задерживается процесс его окисления. Один из видов защиты масла от окисления — азотный. При этом способе соприкосновению масла с воздухом препятствуют создаваемые в баке трансформатора азотные подушки, предотвращающие также возможное его окисление.

Если масло не удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям, принимают меры к восстановлению его свойств. Метод восстановления масла, находившегося в эксплуатации, выбирают в зависимости от характера ухудшения качества масла. Если ухудшение качества масла не связано с изменением его химических свойств, а обуславливается наличием в нем нерастворимых механических примесей, частиц угля и воды, восстановить масло можно простым отстаем, фильтрованием и очисткой в центрифугах.

При фильтровании масло продавливается через фильтровальный картон, поглощающий воду из масла. При очистке масла центрифугированием применяют два способа: кларификация и пурификация (различаются сборкой тарелок барабана). При *кларификации* масло очищается главным образом от механических примесей, шлама и угля, оседающих в грязевике барабана. После такой очистки масло осветляется. В случае если масло содержит

воду в значительном количестве, находит применение способ *пурификации*, при котором вода непрерывно отводится из центрифуги.

Изоляционное масло, подвергшееся окислению, указанными способами улучшить нельзя, и приходится прибегать к регенерации масла. Регенерация масла осуществляется путем его обработки щелочью, серной кислотой и отбеливающими землями. Обработка масла отбеливающими землями приводит к нейтрализации остаточных кислот в масле после его кислотной очистки.

### **§ 12-7. Эксплуатация комплектных конденсаторных установок**

Во время эксплуатации комплектных конденсаторных установок (ККУ) необходимо следить за температурой, током и напряжением ККУ, которые не должны превышать максимальных значений, гарантированных заводами-изготовителями этих установок (§ 5-10).

При наладке ККУ и устройств автоматического регулирования необходимо также следить за тем, чтобы при неоднократных пробных включениях конденсаторной батареи под напряжение разрядные сопротивления обязательно были отключены к батарее и повторные включения батареи после ее отключения производились не ранее чем через 3—5 мин после разрядки батареи. В противном случае включение в сеть неразряженной батареи может привести к выходу из строя выключателя или конденсаторов.

Статические конденсаторы очень чувствительны к ненормальным режимам их эксплуатации, поэтому за условиями их работы ведут тщательное наблюдение. Эксплуатацию конденсаторов прекращают и установку отключают от сети, если имеется: повышение напряжения на питающих шинах более 110 % от номинального напряжения конденсаторов; температура, превышающая допускаемую для конденсаторов принятого типа; вспучивание стенок конденсаторов; неравномерность нагрузки отдельных фаз, превышающая 10%; увеличение тока конденсаторной батареи более чем на 15 % от номинального значения. Как видно из указанного, обслуживание конденсаторной установки сводится в основном к наблюдению за приборами, характеризующими ее работу (амперметры, вольтметры, термометры).

При эксплуатации батареи конденсаторов периодически осматривают без их отключения (через сетчатое ограждение) в следующие сроки: при напряжении батарей до 1000 В и мощности до 500 квар — не реже одного раза в месяц, а батарей большей мощности — не реже одного раза в декаду.

При искусственной компенсации реактивной мощности и значительном колебании нагрузок промышленных предприятий необходимо устройство автоматического регулирования (АР) мощности конденсаторных установок в зависимости от уровня напряжения сети и покрытия реактивной мощности в различное время суток в сочетании с требованиями энергоснабжающей организации.

АР по времени суток может осуществляться по различным программам, которые может дать энергосистема по определенному графику в зависимости от установившейся технологии производства предприятия. Одним из простейших программных устройств могут быть использованы электровторичные часы с сигнальными контактами.

Для устройства АР по напряжению, току нагрузки и другим параметрам можно использовать обычные электромагнитные или индукционные реле либо полупроводниковые элементы. Могут применяться и более совершенные автоматические устройства, основанные на применении логических и полупроводниковых элементов и счетно-решающих устройств.

Наиболее перспективным в настоящее время является устройство АР на полупроводниковых элементах.

Для уменьшения вероятности выхода батареи конденсаторов из строя помимо осмотров их подвергают текущим ремонтам с отключением установки от сети не реже одного раза в год. В состав текущих ремонтов конденсаторов входят: проверка затяжки гаек в контактных соединениях и целости плавких вставок и цепи разряда конденсаторов; внешний осмотр качества присоединения ответвлений к заземляющему контакту; тщательная очистка поверхности изоляторов, баков конденсаторов, аппаратуры и каркаса от пыли и других загрязнений; измерение емкости каждого конденсатора (для конденсаторов напряжением свыше 1000 В); проверка конденсаторов мегаомметром на отсутствие замыкания между зажимами и корпусом.

В случае необходимости прикосновения к конденсаторам (например, при ремонте) после их отключения от источника напряжения надо произвести разряд конденсаторов замыканием выводов между собой и на корпус (на землю) независимо от автоматических разрядных устройств. При постоянно включенных разрядных сопротивлениях конденсаторные батареи можно повторно включить лишь по истечении времени, достаточного для разряда батареи.

Кроме плановых осмотров конденсаторные установки подвергаются внеочередным осмотрам после отключения установки релейной защиты и т. п. Каждая установка конденсаторов снабжается термометром для измерения температуры в помещении, разрядной штангой для контрольного разряда конденсатора и необходимыми защитными и противопожарными средствами — огнетушителем и ящиком с песком.

## **§ 12-8. Эксплуатация кислотных аккумуляторных батарей**

Все работы при эксплуатации кислотных аккумуляторных батарей в период операции с кислотой и электролитом проводят в резиновых сапогах, фартуке и перчатках; спецодежда шерстяная. Для защиты глаз обязательны предохранительные очки. У места

работ всегда должен находиться 5 %-ный раствор питьевой соды для промывки пораженных кислотой или электролитом участков кожи.

При понижении напряжения на элементах кислотной аккумуляторной батареи до 1,8 В разряд батареи прекращают, а батарею ставят на заряд. Оставлять батарею разряженной более чем на 12 ч нельзя, так как при этом понижается емкость аккумуляторов.

Приступая к заряду аккумуляторной батареи, сначала включают приточно-вытяжную вентиляцию помещения и проверяют ее действие, а затем батарею подсоединяют к зарядному агрегату, соблюдая полярность полюсов. Значение зарядного тока в начале процесса заряда батареи берут из таблиц, рекомендованных в инструкции заводом-изготовителем (примерно на 20 % больше номинального значения зарядного тока). При этом режиме зарядка продолжается до тех пор, пока напряжение на аккумуляторах не станет равным 2,4 В. Затем зарядный ток уменьшают вдвое и при этой силе тока процесс зарядки продолжается до его окончания. Зарядку считают законченной, если напряжение на элементах достигает 2,6—2,8 В и больше не увеличивается; плотность электролита 1,20—1,21 г/см<sup>3</sup> в течение часа не изменяется. В это время наблюдается «кипение» электролита обеих полярностей. При зарядке кислотной аккумуляторной батареи следят за температурой электролита. При достижении +40 °С заряд прекращают и дают электролиту остыть до +30 °С. Одновременно измеряют плотность электролита в отдельных элементах и напряжение на их зажимах. Высокая температура электролита ускоряет износ элементов и увеличивает их саморазряд. Низкая температура повышает вязкость электролита, которая ухудшает процесс разряда и уменьшает емкость элементов, поэтому температуру в аккумуляторной держат на уровне не менее +10 °С. При заряде кислотной аккумуляторной батареи может оказаться, что в батарее отдельные элементы заряжены не полностью; недозаряженные элементы дозаряживают отдельно.

Кислотную аккумуляторную батарею нельзя разряжать до глубокого разряда. Глубокий разряд батареи вызывает *сульфатацию*. При сульфатации на пластинах свинцового аккумулятора образуются сплошные массы сульфата свинца, которые закупоривают поры в пластинах. В связи с этим затрудняется прохождение в этих порах электролита, что препятствует восстановлению аккумулятора в условиях нормального заряда. При нормальном разряде на пластинах образуется мелкозернистый сульфат свинца, который не препятствует последующему восстановлению аккумулятора при заряде. Плотность электролита в конце заряда достигает значения 1,15—1,17.

Если в каком-либо элементе плотность оказывается ниже, чем в других элементах, то это свидетельствует о неисправности этого элемента (короткое замыкание, систематический недозаряд). Плотность электролита измеряется с помощью денсиметра (ариометра). В процессе эксплуатации уровень электролита постепенно

понижается и время от времени его доливают. Для этого в запасе имеется готовый электролит и дистиллят, который хранится в стеклянных банках со стеклянными пробками. Приготовление электролита и меры предосторожности должны соответствовать указаниям, приведенным в § 5-10.

Аккумуляторы защищают от опасных для них коротких замыканий, которые могут вызываться, например, случайно оставленными в помещении аккумуляторной металлическими предметами. При нормальных условиях эксплуатации и хорошем уходе аккумуляторная батарея может работать без смены пластин длительное время (до 10 лет). Для этого дежурный персонал и мастер ведут систематический надзор за условиями эксплуатации кислотной аккумуляторной батареи (все данные о токе, напряжении, плотности электролита, температуре заносят в протоколы в соответствии с заводской инструкцией). Дежурный персонал осматривает аккумуляторную батарею один раз в сутки, а мастер или начальник подстанции — один раз в две недели. На ПС, где постоянного дежурства нет, батарею осматривает специально выделенное лицо один раз в неделю.

При осмотре кислотной аккумуляторной батареи устанавливают, что: вентиляция и отопление в исправном состоянии; сосуды элементов не имеют течи; уровень электролита в сосудах на 10—15 мм выше верхней кромки пластин; пластины не коробятся и не соприкасаются между собой; их размеры не отличаются от нормальных; в помещении нет случайных предметов, могущих коротить пластины; в батарее нет отстающих элементов; вентиляция и отопление аккумуляторной находятся в исправном состоянии. Во время осмотра батареи производят также ее очистку от пыли и грязи.

Для удлинения срока службы кислотных аккумуляторных батарей их эксплуатацию ведут в режиме постоянного подзаряда [подключение заряженной батареи параллельно с зарядным устройством (рис. 12-12)]. Это объясняется тем, что при работе кислотной аккумуляторной батареи по методу *заряд-разряд* (самостоятельное питание нагрузки, заряженной аккумуляторной батареей с последующим зарядом ее после разрядки) износ положительных пластин аккумуляторов происходит значительно быстрее, чем при режиме постоянного подзаряда.

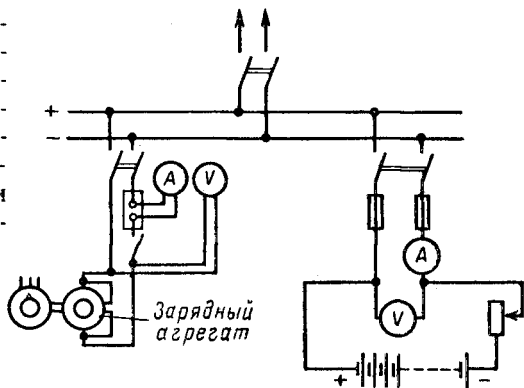


Рис. 12-12. Принципиальная схема подключения аккумуляторной батареи к зарядному агрегату

Износ пластин можно наблюдать в конце каждого заряда, когда положительная пластина аккумулятора теряет часть своего объема. Другим преимуществом режима постоянного подзаряда является то, что аккумуляторная пластина постоянно находится в состоянии полного заряда и может в любой момент обеспечить нормальное питание нагрузки. При эксплуатации кислотных батарей не все аккумуляторы имеют одинаковый саморазряд. Причиной этого могут быть неодинаковые температурные условия (различное расстояние от отопительных приборов), а также разная степень загрязнения электролита в аккумуляторах. Аккумуляторы, имеющие большой саморазряд (отстающие), подвержены более глубокой сульфатации. В связи с указанным кислотные батареи один раз в три месяца подвергают уравнительному заряду.

### **§ 12-9. Эксплуатация приборов релейной защиты, электроизмерительных приборов, устройств автоматики, телемеханики и связи**

В процессе эксплуатации приборов, предназначенных для учета, измерения устройств релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи, происходит постепенный износ рабочих элементов, деталей, старение и снижение качества изоляции и ухудшение контактных соединений. При отсутствии надлежащего обслуживания указанных приборов и устройств возможен неправильный учет и измерение, срабатывание защиты и телемеханики, отсутствие связи и как результат этого — авария в энергосистеме и электроустановках. Поэтому обслуживание приборов и устройств защиты, автоматики, телемеханики и связи поручают только специально обученному персоналу, которому передают для руководства необходимые эксплуатационные инструкции с паспортами приборов.

Такие инструкции разработывает наладочная организация и передает службе эксплуатации при приемке вновь смонтированных приборов и этих устройств. При эксплуатации следят за тем, чтобы вблизи места установки приборов не производились работы, вызывающие сотрясения приборов и устройств (ложные действия и отказ в работе). Аппараты открытого исполнения устройств и приборы периодически очищают от пыли и подвергают плановым проверкам в соответствии с нормами и сроками проведения профилактических испытаний и заводских инструкций. Большое значение, обеспечивающее правильную работу приборов и устройств, имеет надежность контактных соединений в местах подключения, и этому обстоятельству необходимо уделять самое серьезное внимание. Если при эксплуатации обнаруживают какие-либо неисправности, то приборы передают специализированным организациям, которые производят их ремонт, наладку и регулировку. Об обнаруженных неисправностях обслуживающий персонал заносит соответствующую запись в журнал эксплуатации, находящийся у дежурного персонала.



Электроизмерительные приборы периодически проверяют в следующие сроки: щитовые приборы, по которым поддерживается установленный режим работы основного оборудования, один раз в три года; остальные щитовые приборы один раз в пять лет; переносные приборы один раз в два года; образцовые приборы один раз в год.

## § 12-10. Техника безопасности

Защитные средства, применяемые при обслуживании электроустановок, оправдывают свое назначение лишь в том случае, когда организован тщательный надзор за их исправностью. К защитным средствам относятся: переносные указатели напряжения и токоизмерительные клещи; переносные временные защитные заземления; переносные ограждения и предупредительные плакаты; защитные очки; брезентовые рукавицы и противогазы, предохраняющие от действия дуги, продуктов горения и механических повреждений; диэлектрические перчатки, боты и галоши; изолирующие подставки, резиновые коврики, дорожки, штанги, клещи для снятия предохранителей, инструменты с изолирующими ручками. Надзор за защитными средствами осуществляют путем их периодических испытаний на электрическую прочность и внешнего осмотра с указанием величины напряжения, даты испытания и клейма.

В РУ с постоянным дежурством необходимо хранить комплекты пронумерованных с клеймами о прохождении испытаний переносных заземлений, набор предупредительных плакатов, временные переносные ограждения и указатели напряжения.

РУ напряжением свыше 1000 В без постоянного обслуживания снабжают изолирующей штангой, изолирующей подставкой (или ботами) и клещами. Другие защитные средства — перчатки, указатели напряжения, очки, плакаты, переносные ограждения, закорачивающие и заземляющие перемычки, противогазы — должны быть у бригад, обслуживающих электроустановки, и доставляться ими к месту работ. Для хранения защитных средств, закрепленных за РУ, отводят специальное место.

Испытания защитных средств проводят периодически при приемке в эксплуатацию и во время эксплуатации и при обнаружении дефектов после ремонта, а также при возникновении сомнений в их исправности (внеочередные). Сроки и нормы периодических испытаний защитных средств приведены в соответствующих правилах (как правило, один-два раза в год). Изолирующие штанги (кроме измерительных) и клещи испытывают один раз в два года, резиновые диэлектрические боты — один раз в три года и перчатки — один раз в шесть месяцев. Периодическим испытаниям подвергают защитные средства, находящиеся в употреблении и запасе.

Проверка защитных средств испытательным напряжением проводится в специальных установках и обученным персоналом. После испытания, если обнаружено неисправное защитное средство, оно должно быть немедленно изъято из употребления.

Ответственность за организацию правильного хранения защитных средств, своевременное проведение испытаний и учет несут начальники цехов, ПС, а в целом по предприятию — главный энергетик.

Пожар в ПС может возникнуть при повреждении действующего оборудования и воспламенении горючих материалов (кабельной массы, трансформаторного масла), а также во время ремонтных работ при пользовании открытым огнем (пайка, сварочные работы и др.) в случае несоблюдения мер пожарной безопасности.

К проведению огневых работ допускаются лица, знающие «Инструкцию о мерах пожарной безопасности при проведении огневых работ» и усвоившие программу противопожарного техминимума. Тушение пожара электрооборудования проводят при снятом напряжении, не допуская перехода огня на рядом расположенные установки. При загорании маслонеполненной аппаратуры можно пользоваться любыми средствами пожаротушения — воздушно-механической пеной, распыленной водой, огнетушителями. Тушить компактными струями воды горящее масло не рекомендуется во избежание увеличения площади пожара.

При тушении кабелей, проводов, аппаратуры применяют углекислотные или углекислотно-бромэтиловые огнетушители, а также распыленную воду. Если напряжение снять невозможно, допускается тушение пожара компактными и распыленными водяными струями; при этом ствол пожарного рукава заземляют и работают в диэлектрических ботах и перчатках на некотором расстоянии. Перечень противопожарных средств и необходимый инвентарь определяют местными инструкциями, согласованными с органами Государственного пожарного надзора.

Основные элементы противопожарного оборудования — огнетушители, ящики с сухим песком, листовой асбест и лопаты. При эксплуатации огнетушителей необходимо систематически следить за их исправностью; проверять один раз в три месяца весовой заряд углекислоты, находящейся в огнетушителях; оберегать их от нагрева солнцем или другими источниками теплоты, а также от ударов. Доступ к огнетушителям должен быть свободен.

#### *Контрольные вопросы*

1. Расскажите об основных правилах приемки в эксплуатацию смонтированных трансформаторных подстанций.
2. Как осуществляется контроль за нагрузкой и температурой трансформаторов?
3. Опишите периодичность и правила взятия проб масла из трансформатора.
4. Каким требованиям должно удовлетворять трансформаторное масло для нормальной работы?
5. Какое назначение имеют статические конденсаторы на подстанциях их потребителей?
6. Для чего предназначена релейная защита и каким требованиям она должна удовлетворять?
7. Какие правила техники безопасности и охраны труда выполняются при осмотрах, переключениях, измерениях тока, напряжений, температур контактных соединений оборудования и взятиях пробы масла?
8. Какие применяют способы и средства тушения пожара на ПС?
9. Какие защитные средства применяют при эксплуатации ПС?

### **Глава 13. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ И ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ**

#### **§ 13-1. Приемка вновь вводимых в эксплуатацию электроприводов и пускорегулирующей аппаратуры**

Вновь смонтированные и отлаженные электроприводы и пускорегулирующую аппаратуру при приемке в эксплуатацию осматривают, проверяют работу механической части в соответствии с заводскими и монтажными инструкциями и подвергают приемодаточным испытаниям в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок (ПУЭ).

При осмотре приемочная комиссия проверяет и устанавливает, что: электродвигатели и аппараты доступны для осмотра и ремонта на месте установки; электропроводка имеет защиту в тех местах, где она может быть повреждена; вращающиеся части, расположенные на доступной высоте, имеют ограждения от случайных прикосновений; линия валов смонтированных агрегатов плавная; высота установки рукояток и маховиков находится на уровне 1050—1100 мм от пола; включение и выключение аппаратов происходят легко, без замедлений и заеданий; контактные части контакторов, находясь во включенном положении, не имеют просветов по всей их ширине; поверхности коллекторов и контактных

колец не имеют заусенцев или забоин и хорошо отполированы; щетки не смещены за край коллектора или контактных колец, не имеют перекосов, тщательно притерты и легко перемещаются в обоймах щеткодержателей; подшипники скольжения наполнены маслом до заводской отметки, а подшипники качения — заправлены смазкой до  $\frac{2}{3}$  объема гнезда подшипника; на электродвигателях и приводных механизмах нанесены стрелки, указывающие нормальное направление вращения.

При осмотре вновь смонтированных заземляющих устройств в силовых установках приемочная комиссия проверяет и устанавливает, что: заземляющие проводники, проложенные в помещениях, доступны для осмотра и имеют отличительную окраску (черный цвет), позволяющую легко их обнаружить; в тех местах, где заземляющие проводники могут подвергаться химическим воздействиям, они имеют соответствующие защитные покрытия; соединения заземляющих проводников выполнены с помощью сварки, обеспечивающей наибольшую надежность; заземляющее устройство не содержит последовательного включения нескольких заземляющих частей установки; нет обрывов и неудовлетворительных контактов в проводке, соединяющей аппаратуру с контуром заземления; в местах, где вероятны механические повреждения, заземляющие проводники имеют защиту, например в местах пересечений каналов; проход заземляющих проводников через стены выполнен в открытых проемах, трубах или иных жестких обрамлениях. Принимая заземляющее устройство, приемочная комиссия проверяет элементы устройства, находящиеся в земле, с выборочным вскрытием грунта, а в остальных — в пределах доступности осмотра. Количество заземлителей и глубина их заложения должны соответствовать проекту.

Объем и нормы приемосдаточных испытаний электрооборудования изложены в ПУЭ.

У электродвигателей переменного тока напряжением до 1000 В измеряют сопротивление изоляции, сопротивление реостатов и пускорегулировочных сопротивлений постоянному току, проверяют работу на холостом ходу или с ненагруженным механизмом и работу под нагрузкой. Сопротивление изоляции статора измеряют мегаомметром напряжением 1000 В, а ротора мегаомметром 500 В. При температуре 10—30° С сопротивление изоляции статора должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции ротора не нормируется. Сопротивление реостатов и пускорегулирующих сопротивлений должно отличаться от паспортных не более чем на 10%. При этом также проверяют целостность отпаек. Продолжительность проверки работы на холостом ходу не менее 1 ч. Проверку работы под нагрузкой проводят при мощности, обеспечиваемой технологическим оборудованием к моменту сдачи аппаратуры в эксплуатацию. При этом для электродвигателей с регулируемой частотой вращения определяют пределы регулирования.

У электродвигателей переменного тока напряжением свыше

1000 В кроме перечисленных выше испытаний проверяют возможность включения под напряжение без сушки; испытывают повышенным напряжением промышленной частоты; измеряют сопротивления обмоток статора и ротора постоянному току; испытывают воздухоохладитель гидравлическим давлением; измеряют вибрацию подшипников.

Испытания повышенным напряжением промышленной частоты проводят на полностью собранном двигателе. Испытание обмотки статора проводят для каждой фазы в отдельности относительно корпуса при двух других, соединенных с корпусом. Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин, его значения приведены в табл. 13-1.

Т а б л и ц а 13-1

Испытуемый объект	Характеристика электродвигателя	Испытательное напряжение, В
Обмотка статора	Электродвигатель мощностью до 1000 кВт на номинальное напряжение свыше 1000 В Электродвигатели мощностью свыше 1000 кВт на номинальное напряжение до 3300 В То же, но на номинальное напряжение свыше 3300 до 6600 В То же, но номинальное напряжение свыше 6600 В	1,6 $U_{\text{ном}} + 800$
		1,6 $U_{\text{ном}} + 800$
		2 $U_{\text{ном}}$
		1,6 $U_{\text{ном}} + 2400$
Обмотка ротора синхронных электродвигателей		8 $U_{\text{ном}}$ системы возбуждения, но не менее 1200
Обмотка ротора электродвигателей		1000
Реостаты и пускорегулировочные сопротивления		1000

Сопротивление обмоток статора и ротора постоянному току измеряют при мощности электродвигателя 300 кВт и более. Сопротивления обмоток различных фаз должны отличаться между собой или от заводских данных не более чем на 2 %. Испытание воздухоохладителя проводят избыточным гидравлическим давлением 0,2—0,25 МПа в течение 10 мин. При этом не должно наблюдаться снижения давления или утечки. Измерение вибрации проводят на каждом подшипнике; ее предельное значение должно быть не более значения, приведенного ниже:

Синхронная частота вращения, об/мин . . .	3000	1500	1000	750 и ниже
Допустимая амплитуда вибрации подшипника, мкм . . .	50	100	130	160

У электродвигателей переменного тока, поступающих на монтаж в разобранном виде, измеряют зазоры между ротором и статором; измеряют зазоры в подшипниках скольжения, а также разбег ротора в осевом направлении. Воздушный зазор между ротором и статором измеряют с помощью щупов, которые вводят в зазоры в диаметрально противоположных точках или точках, сдвинутых относительно оси ротора на  $90^\circ$ . Измерение проводят трижды, последовательно поворачивая ротор вокруг оси на  $120^\circ$ . Значение зазора получают как среднеарифметическое трех результатов измерений, при этом значения отдельных зазоров не должны отличаться более чем на 10 % от вычисленного среднего значения (величина зазоров в подшипниках скольжения приведена в табл. 13-2), а разбег ротора в осевом направлении не должен превышать 2—4 мм.

Таблица 13-2

Номинальный диаметр вала, мм	Зазор, мм, при частоте вращения, об/мин		
	до 1000	1000—1500	свыше 1500
18—30	0,04—0,093	0,06—0,13	0,14—0,28
30—50	0,05—0,112	0,075—0,16	0,17—0,34
50—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,2—0,4
80—120	0,08—0,16	0,12—0,235	0,23—0,46
120—180	0,1—0,195	0,15—0,285	0,26—0,53
180—260	0,12—0,225	0,18—0,30	0,3—0,6
260—360	0,14—0,25	0,21—0,38	0,34—0,68
360—500	0,17—0,305	0,25—0,44	0,38—0,76

Объем и нормы приемо-сдаточных испытаний электрооборудования постоянного тока в соответствии с ПУЭ следующие. У электрических машин постоянного тока мощностью до 200 кВт на напряжение до 440 В определяют возможность включения без сушки; измеряют сопротивление изоляции, сопротивление реостатов и пускорегулирующей аппаратуры постоянному току; проверяют работу на холостом ходу и под нагрузкой. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и бандажей машины, а также между обмотками проводят мегаомметром на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции между обмотками и каждой обмоткой относительно корпуса должно быть не ниже 0,5 МОм при температуре  $10—30^\circ\text{C}$ . Сопротивление изоляции бандажей якоря не нормируется, а сопротивление изоляции бандажей якоря возбuditеля не ниже 1 МОм. Сопротивление реостатов и пускорегулировочных сопротивлений отличается от данных завода-изготовителя не более чем на 10 %. При этом также проверяют целостность отпаек.

При испытании на холостом ходу и под нагрузкой определяют предел регулирования скорости и напряжения, которые должны соответствовать заводским и проектным данным. При работе под нагрузкой проверяют степень искрения коллектора, и если она не

оговаривается заводом-изготовителем специально, то должна быть не свыше  $1\frac{1}{2}$ .

У электрических машин постоянного тока мощностью свыше 200 кВт на напряжение свыше 440 В дополнительно измеряют сопротивление постоянному току обмотки возбуждения (оно должно отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 2 %); испытывают повышенным напряжением промышленной частоты прочность изоляции (значение испытательных напряжений принимается по указаниям, приведенным в ПУЭ; продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин); снимают характеристики холостого хода и испытывают витковую изоляцию. Отклонение характеристики холостого хода от заводской должно находиться в пределах точности измерения. При испытании витковой изоляции генераторов напряжение поднимается до 130 % номинального и выдерживается в течение 5 мин.

У электрических машин постоянного тока, поступающих на место монтажа в разобранном виде, измеряют воздушные зазоры между полюсами. Значения зазоров в диаметрально противоположных точках должны отличаться одно от другого не более чем на 10 % среднего значения зазора. Объем и нормы приемо-сдаточных испытаний синхронных генераторов и компенсаторов изложены в ПУЭ и аналогичны приведенным выше.

Вторичные цепи управления, защиты, сигнализации в релейно-контактных схемах установок до 1000 В испытывают повышенным напряжением 1000 В в течение 1 мин и измеряют сопротивление изоляции мегаомметром 500—1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм; сопротивление изоляции цепей управления, защиты и возбуждения машин постоянного тока — не менее 1 МОм. Релейную аппаратуру проверяют в соответствии с действующими инструкциями. Пределы срабатывания реле на рабочих уставках должны соответствовать расчетным данным. Полностью собранные схемы проверяют на правильность функционирования при различных значениях оперативного тока. При этом все элементы схем должны надежно функционировать в предусмотренной проектом последовательности. Автоматы и контакторы испытывают многократными включениями и отключениями при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока (табл. 13-3).

Таблица 13-3

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

Все испытания, измерения и апробирования оформляют соответствующими актами и протоколами.

### **§ 13-2. Осмотр электроприводов и контроль за их работой при техническом обслуживании**

При техническом обслуживании электроприводов проводят их осмотр и контроль за работой в сроки, предписанные ППР. Электроприводы осматривают тем чаще, чем тяжелее условия работы, например большая длительность разгона электродвигателя, частые пуски, высокая температура окружающей среды. Конструкция электродвигателей также может влиять на требуемую периодичность их осмотров. Кроме того, при установлении периодичности осмотров надо учитывать и техническое состояние электродвигателей, например степень их изношенности.

В связи с этим периодичность осмотров электроприводов и их содержание устанавливаются в местных инструкциях и графиках ППР, при составлении которых учитывают отмеченные выше факторы. Важный элемент инструкции — требование о поддержании электродвигателя в чистоте — загрязненный электродвигатель нагревается во время работы значительно сильнее.

При осмотре во время обходов электроприводов проверяют температуру нагрева двигателей; следят за тем, чтобы они содержались в чистоте и вблизи них не находилось бы ненужных предметов, особенно опасных в пожарном отношении; наблюдают, чтобы пуск и останов электродвигателей производились производственным персоналом по инструкции и электродвигатели не работали вхолостую; контролируют напряжение электросети, которое должно находиться в пределах 95—110 % от номинального; проверяют в подшипниках, реостатах и пусковой аппаратуре уровень масла; обращают внимание на исправность ограждений, препятствующих случайным прикосновениям к вращающимся частям электропривода; устраняют мелкие неисправности (например, заменяют перегоревшие предохранители, регулируют нажим щеток) и проводят наружную очистку электродвигателей.

Контроль за температурой электродвигателя является существенным элементом его эксплуатации, так как наиболее частые повреждения электродвигателя вызываются его нагревом свыше предельно допустимой температуры. Различают предельно допустимую температуру нагрева и предельно допустимое превышение температуры нагрева отдельных частей электрической машины. Предельно допустимое превышение температуры нагрева определяют путем вычитания из предельно допустимой температуры нагрева температуры окружающей среды, равной 40° С. Полученный результат уменьшают на 10° С. Это объясняется необходимостью иметь некоторый запас на самую горячую точку обмотки, так как при измерении температуры обмоток методом сопротивления не учитывается неравномерность нагрева, а измеряется среднее значение температуры.

Электроизоляционные материалы по предельно допустимой температуре нагрева (нагревостойкости) подразделяются на следующие классы:

Классы . . . . .	A	E	B	F	H	C
Предельно допустимая температура, °С	105	120	130	155	180	более 180

Некоторые предельно допустимые превышения температуры частей электрических машин приведены в табл. 13-4.

Таблица 13-4

№ п/п	Части электрической машины	Класс нагревостойкости					
		B		F		H	
		Превышение температуры, °С, при измерении различными методами					
		термометром	сопротивлением	термометром	сопротивлением	термометром	сопротивлением
1	Обмотки: переменного тока машин мощностью менее 5000 кВт·А или с длиной сердечника менее 1 м; возбуждения машин постоянного тока, кроме указанных в п. 2, 3 настоящей таблицы; якорные, соединенные с коллектором	70	80	85	100	105	125
2	Однорядные обмотки возбуждения с оголенными поверхностями	90	90	110	110	135	135
3	Обмотки возбуждения малого сопротивления, имеющие несколько слоев, и компенсационные обмотки	80	80	100	100	125	125
4	Сердечники и другие стальные части, соприкасающиеся с изолированными обмотками	80	—	100	—	125	—
5	Коллекторы и контактные кольца — незащищенные и защищенные	80	—	90	—	100	—



При эксплуатации машин отсоединять машину от сети и измерять сопротивление обмоток для определения температуры их нагрева не всегда возможно. Поэтому контроль нагрева производят, измеряя температуру доступных частей — корпуса электродвигателя, крышек подшипников, коллектора, контактных колец. Температуру определяют с помощью переносного термометра, прикладываемого сразу после останова электродвигателя к той его части, температуру которой измеряют. Конец термометра при измерениях обертывают фольгой, прикладывают к измеряемой части электродвигателя и закрывают слоем ваты, для уменьшения отдачи теплоты в окружающую среду (рис. 13-1). Применяемый на практике способ определения температуры электродвигателей путем прикосновения руки к нагретому элементу (на ощупь) дает лишь приблизительное представление о нагреве. Этим способом пользуются в тех случаях, когда достаточно получить ориентировочное представление о степени нагрева. Рука выдерживает температуру нагрева не выше  $60^{\circ}\text{C}$ .

Основной причиной, вызывающей превышение температуры электродвигателей выше предельно допустимой, является его перегрузка, поэтому при работе электродвигателей, а также регулировке технологического процесса следят за показаниями амперметров, которые устанавливают в цепь статора. При нагревах двигателей выше допустимого предела следует снизить нагрузку.

На работу электродвигателей существенно влияет напряжение питающей сети: повышение напряжения сети приводит к

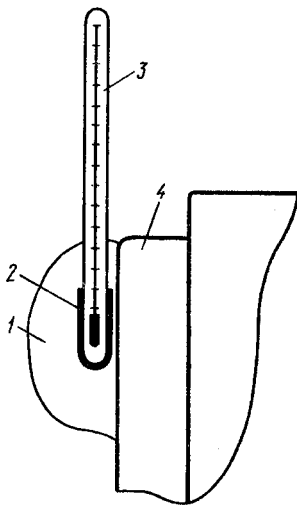


Рис. 13-1. Установка термометра для измерения температуры частей электродвигателя:

1 — вата; 2 — фольга; 3 — термометр; 4 — нагретая поверхность

увеличению намагничивающего тока и потерям в меди и стали, что вызывает превышение температуры выше предельно допустимой; понижение напряжения сети уменьшает момент вращения, что вызывает увеличение тока и тоже превышение температуры. Учитывая это, при эксплуатации электродвигателей контролируют напряжение питающей сети.

Ухудшение изоляции обмоток при эксплуатации электродвигателя со временем может привести к коротким замыканиям между обмотками, а также к замыканиям обмоток на корпус электродвигателей. Для предотвращения указанных явлений и связанных с ними выходов электродвигателей из строя периодически измеряют сопротивление изоляции обмоток мегаомметрами. Сроки таких проверок зависят от местных условий (влажности окружающей

среды, запыленности помещения и т. п.) и технического состояния электродвигателя. Эти сроки устанавливаются графиком ППР. Кроме периодических проверок проводят и внеочередные, устраиваемые после продолжительных перерывов в работе электродвигателей, после попадания на них воды и в тех случаях, когда возникает опасение в ухудшении состояния изоляции обмоток.

При оценке состояния изоляции обмоток электродвигателя целесообразно сопоставить данные полученных измерений с предыдущими. Слишком большое расхождение в результатах произведенных измерений должно послужить основанием для подробного выяснения причин этого. В том случае, когда проверочное измерение сопротивления изоляции обмоток электродвигателей показывает неудовлетворительные результаты, возникает надобность в сушке электродвигателя или отправке его в ремонт.

В процессе эксплуатации электроприводов могут возникать явления, при которых электродвигатель необходимо отключить от сети. К ним относятся: появление дыма или огня из электродвигателя или его аппаратуры; несчастный случай с человеком, требующий останова электродвигателя; вибрация, угрожающая целостности электродвигателя; поломка приводного механизма; нагрев подшипников сверх допустимого; снижение оборотов электродвигателя, сопровождаемое быстрым его нагревом.

При осмотрах электроприводов обращают внимание на вибрацию и при необходимых случаях ее замеряют. Наиболее прост и удобен для измерения вибраций при эксплуатации виброметр типа ВР. Виброметр допускает измерение вибраций от 0,05 до 6 мм у машин с частотой вращения более 750 об/мин и имеет записывающее устройство.

В наиболее распространенной конструкции вибрографа запись производится стальным пером 8 (рис. 13-2,а) на бумажной ленте 5, которая передвигается с определенной скоростью с помощью часового механизма с пружинным заводом. Отметчик времени делает отметку на ленте каждую секунду, что дает возможность определить частоту вибраций. Вибрации от контролируемой поверхности 1 передаются через наконечник 2, который закреплен на оси 3 и прижимается к поверхности пружиной 4. Ось с помощью шарнира 7 связана с пером, закрепленным на оси 6. Винт 9 (рис. 13-2,б) предусмотрен для регулировки натяжения пружины, чтобы обеспечить надежный контакт между штифтом и вибрирующей по-

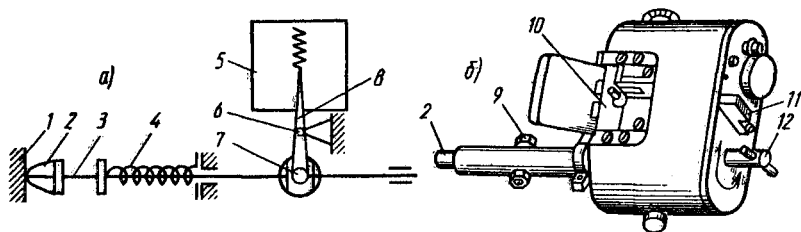


Рис. 13-2. Схема устройства (а) и общий вид (б) вибрографа ВР

верхностью. За движением пера наблюдают через лючок 10 в корпусе. Пружину часового механизма заводят рукояткой 12. Рычажок 11 служит для включения и отключения движения ленты и отметчика времени. Допустимые вибрации приведены выше (§ 13-1).

### § 13-3. Техническое обслуживание и текущий ремонт подшипников качения в электрических машинах

При техническом обслуживании электрических машин контролируют работу подшипникового узла путем внешнего осмотра, измерения температуры нагрева, прослушивания шума и определения вибрации. Температуру нагрева измеряют термометрами или термопарами, которые прикладывают к месту, расположенному близко к подшипнику. Нагрев подшипников не должен превышать 100 °С. Шум прослушивают стетоскопом или на слух без приборов. Вибрацию измеряют виброметром или определяют на ощупь рукой.

Подшипники качения могут нагреваться выше допустимой температуры вследствие загрязнения и обилия смазки, большого трения между уплотняющей набивкой и валом, разрушения или изношенности деталей, слишком большой нагрузки из-за туго натянутого передаточного ремня. Шум подшипников вызывается его загрязнением, износом дорожек и тел качения, ослаблением посадки внутреннего кольца на валу, плохой центровкой машины. Если шум подшипника или его нагрев вызван внешней причиной, то ее необходимо устранить и убедиться, что подшипник перестал перегреваться. Появление неисправности подшипника требует проведения текущего ремонта, при котором возможна замена подшипника и смазки в нем или устранение других неисправностей.

Порядок проведения работ зависит от многих причин, в том числе от конструкции машины и подшипникового узла. В старых сериях электрических машин постоянного и переменного тока

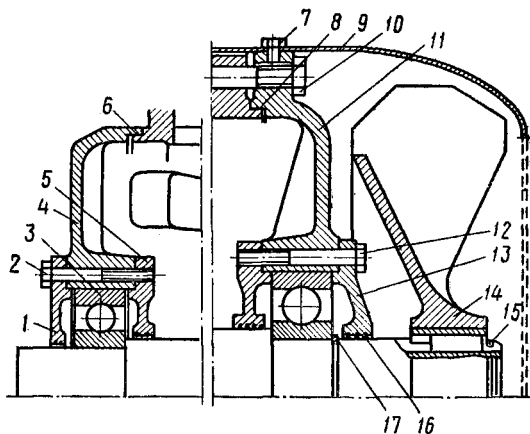


Рис. 13-3. Конструкция подшипникового узла, смазка которого пополняется при разборке

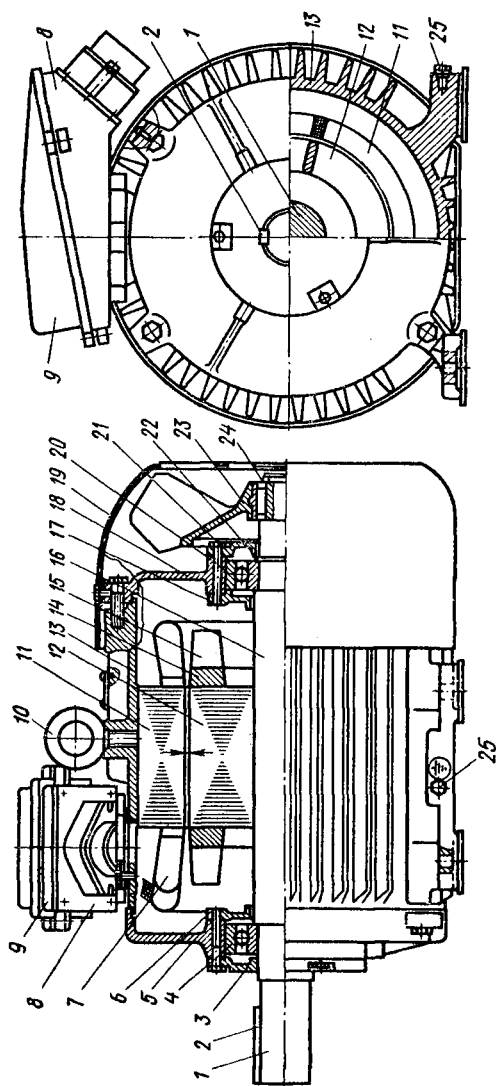


Рис. 13-4. Асинхронный электродвигатель серии 4А с высотой оси вращения 160 мм.

1 — выходной концы вала; 2 — шпонка; 3, 6 — наружная и внутренняя крышки переднего подшипникового щита; 4, 20 — передний и задний подшипники; 5, 18 — передний и задний подшипниковые щиты; 7 — обмотка статора; 8 — корпус коробки выводов; 9 — крышка коробки выводов; 10 — грузовой болт; 11 — сердечник статора; 12 — сердечник ротора; 13 — корпус; 14 — короткозамкнутая обмотка ротора; 15 — вентиляционные лопасти ротора; 16 — вал; 17, 21 — внутренняя и наружная крышки заднего подшипникового щита; 19 — кожух; 22, 24 — пружинные шайбы; 23 — вентилятор; 25 — болт заземления

и в некоторых машинах новых серий наиболее часто используют конструкцию подшипникового узла, показанного на рис. 13-3. Конструкция асинхронного двигателя, в котором применен подобный узел, показана на рис. 13-4. Для замены смазки или подшипников двигатель необходимо разобрать и извлечь ротор из статора. Если снять только щиты и не извлекать ротор, то при проведении работ могут повредиться обмотка или сердечник двигателя. Для разборки двигатель отсоединяют от приводного механизма и с него снимают муфту или шкив. Двигатель разбирают в следующем порядке (см. рис. 13-3). Отворачивают болты 7 и снимают кожух вентилятора 9. Снимают пружинную шайбу 15 и съемником стягивают вентилятор 14 с вала. Для этого в стальной втулке 1 вентилятора (рис. 13-5) имеются два резьбовых отверстия 2, в которые ввертывают два болта 4; при этом головки упираются в планку 3. При заворачивании болта 5 в планку он упирается в вал, а планка 3 в головки болтов 4, и вентилятор стягивается с вала. Затем отворачивают болты 12 (см. рис. 13-3) и снимают крышку подшипника 13, отворачивают болты 10 и легкими ударами молотка через мягкую прокладку снимают щит подшипника 11. Подшипниковый щит должен сначала сойти с замка на корпусе 8, а затем с наружной обоймы подшипника. С другой стороны, разборку начинают с отворачивания болтов 2 и снятия крышки подшипника 1. Отворачивают болты, крепящие щит подшипника (на рисунке не показаны), и снимают щит подшипника сначала с замка статора 6, а затем с наружной обоймы подшипника 3. Из статора извлекают ротор и устанавливают на деревянную подставку. Роторы небольшой

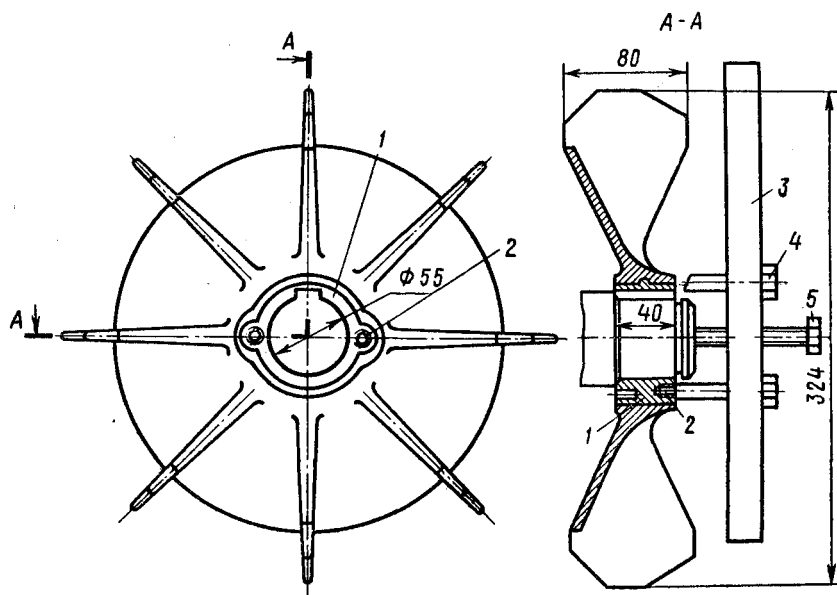


Рис. 13-5. Схема снятия вентилятора с вала электродвигателя съемником

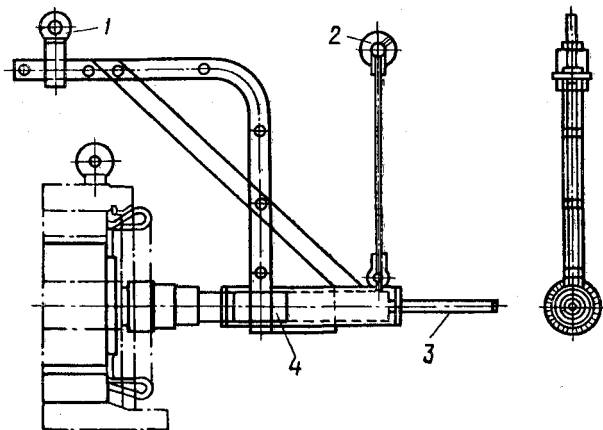
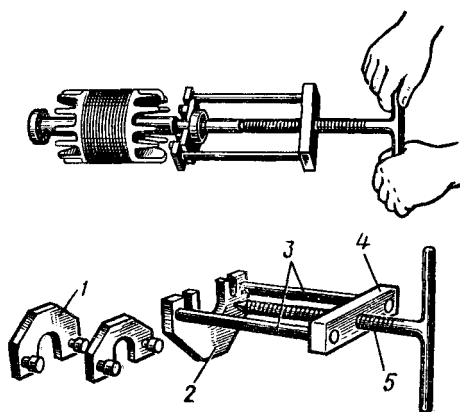


Рис. 13-6. Приспособление для ввода и вывода ротора

массы можно извлечь руками. При большой массе ротора используют различные приспособления. Одно из таких приспособлений показано на рис. 13-6. За грузоподъемное кольцо 1 приспособление подвешивается на кране; грузоподъемное кольцо 2 — поддерживающее. Рукояткой 3 заводят отверстие приспособления на вал двигателя 4 и, приподняв краном, выводят ротор из статора.

Для замены смазки подшипников четыре подшипниковые крышки и вал в месте посадки подшипников очищают от старой смазки и промывают бензином. Свежую смазку закладывают в подшипниковые крышки, заполняя  $\frac{2}{3}$  объема, и в канавки 16 (см. рис. 13-3). Затем производят сборку двигателя. При замене подшипников снимают пружинную шайбу 17 и стягивают подшипник съемником.

Для снятия шарикового подшипника с вала пользуются винтовым съемником (рис. 13-7). Он состоит из плиты 2 с полукруглым отверстием для вала и двумя прорезями, в которые вставляют сменные плитки 1 с двумя штифтами.

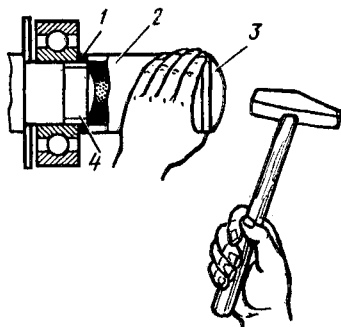


Размеры сменной плитки подбирают по диаметру вала. Основная плита 2 и планка 4 соединены между собой двумя стальными шпильками 3. В центре планки сделано отверстие с резьбой, в которое ввертывают винт 5, упирающийся в торец вала. Подшипники стягивают за внутреннее кольцо, чтобы усилие

Рис. 13-7. Винтовой съемник для снятия подшипников

Рис. 13-8. Насадка подшипников монтажной трубой

стягивания не передавалось на шарики. При стягивании подшипника за наружное кольцо последнее может лопнуть вследствие расклинивания его шариками. Изношенный подшипник заменяют подшипником того же номера (номер нанесен на торце подшипника). Как правило, подшипники не ремонтируют, так как отсутствует способ определения остаточного ресурса подшипника, а неплановый останов двигателя почти всегда обходится намного дороже, чем новый подшипник. Подшипники надевают на вал нагретыми до температуры 90—100° С. Нагрев производят в ваннах с минеральным маслом. Если подшипник не устанавливается свободно на вал, его насаживают ударами молотка через монтажную трубу 2 (рис. 13-8) с ободком из мягкого материала. Диаметр трубы должен быть несколько больше диаметра вала 4, а ободок из мягкого материала 1 должен упираться во внутреннее кольцо подшипника. Конец трубы заглушается пробкой 3.



При разборке подшипникового узла с роликовым подшипником подшипниковый щит снимают вместе с наружной обоймой подшипника. Внутренняя обойма и ролики остаются на валу. При разборке следует маркировать кольца подшипников для того, чтобы их не перепутать, так как замена колец недопустима. Смену подшипников в машинах постоянного тока проводят аналогично. Разборка и сборка двигателя постоянного тока приведены в § 13-6.

В асинхронных электродвигателях серии 4А с высотой оси вращения 50—132 мм применяют герметизированные подшипники

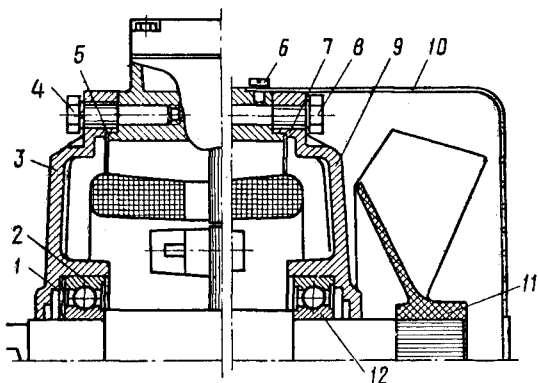


Рис. 13-9. Конструкция подшипникового узла с герметизированными подшипниками:

1 — пружина поджатия подшипника; 2, 12 — передний и задний подшипники; 3, 9 — передний и задний подшипниковые щиты; 4, 8 — болты крепления щитов; 5, 7 — замки щитов; 6 — болт крепления кожуха вентилятора; 10 — кожух вентилятора; 11 — вентилятор

серии 180000 с двусторонним резиновым уплотнением и заложеной смазкой на срок службы не менее 12 000 ч. Конструкция подшипника не предусматривает добавление или замену смазки поэтому такие подшипники заменяют при выработке срока службы, при капитальном ремонте или при появлении неисправности в нем. Конструкция подшипникового узла с герметизированным подшипником показана на рис. 13-9. Разборка машины для замены подшипника мало чем отличается от рассмотренного выше варианта.

В асинхронных электродвигателях серии 4А с высотой ос вращения 160—355 мм предусмотрены два вида подшипниковых узлов — с пополнением смазки только при разборке двигателя (см. рис. 13-3) и с устройством для пополнения смазки без разборки двигателя (рис. 13-10). Устройство для пополнения смазки без разборки двигателя применяют также во взрывозащищенных асинхронных электродвигателях мощностью от 10 до 2000 кВт и некоторых других машинах.

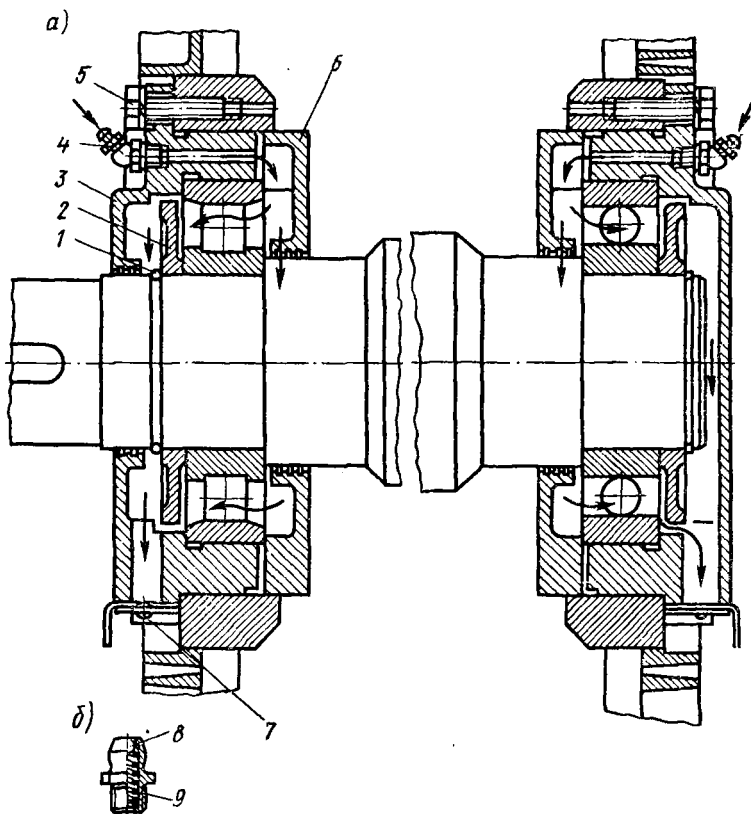


Рис. 13-10. Конструкция подшипникового узла с устройством для пополнения смазки без разборки двигателя (а) и пресс-масленка (б)



Смазку добавляют без рассоединения двигателя с приводным механизмом. Смазку нагнетают с помощью штокового шприца или других шприцев в пресс-масленку 4, которая имеет шарик 8, поджатый пружиной 9. Надавливая на шарик, смазка сжимает пружину и проходит через масленку. Смазка через пресс-масленку попадает в полость внутренней крышки подшипника, проходит подшипник и попадает в полость крышки-капсюля, откуда удаляется через отверстие в нижней части. Критерием добавления смазки и частичного удаления отработанной смазки служит поступление чистой смазки в нижней части подшипниковой крышки при открытой заслонке 7.

Замену подшипника можно произвести, не разбирая двигатель. Для этого его отсоединяют от токоподводящих и заземляющих проводов, отсоединяют от приводного механизма и снимают полушпунту. Затем отвертывают болты, крепящие крышку-капсюль 3 с внутренней крышкой подшипника 6 (болты на рисунке не показаны), отвертывают болты 5, крепящие крышку-капсюль со шитом, и выводят ее с помощью двух отжимных болтов, которые упирают в шит. Ротор опускается на сердечник статора. Снимают пружинное кольцо 1, фиксирующее положение подшипника на валу, и смазочный диск 2, используя два резьбовых отверстия на нем; подшипник снимают съемником, вводя его в пространство между шитом и наружной обоймой подшипника.

#### § 13-4. Техническое обслуживание и текущий ремонт подшипников скольжения в электрических машинах

Подшипники скольжения используют в средних и крупных электрических машинах. Они могут иметь кольцевую, принудительную или комбинированную систему подачи масла. На рис. 13-11 по-

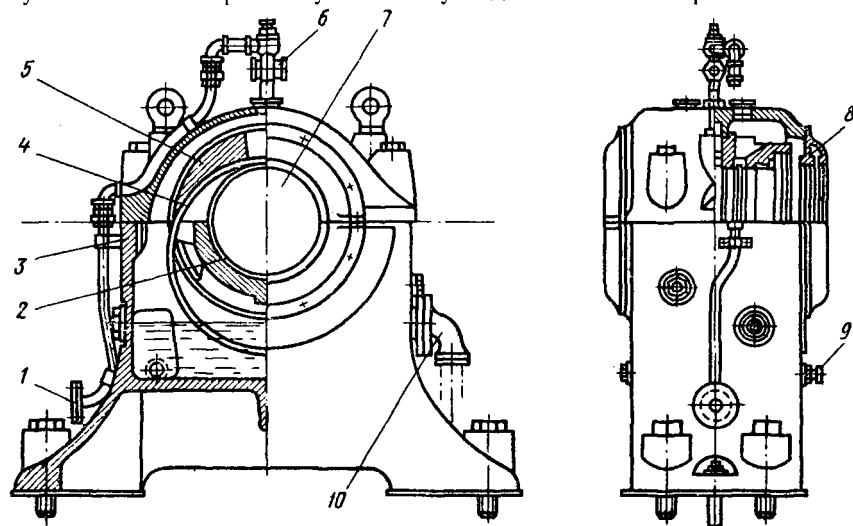


Рис. 13-11. Конструкция подшипника скольжения с комбинированной системой подачи масла

казана конструкция подшипника с комбинированной системой подачи смазки. Корпус 3 и вкладыши 5 отлиты из чугуна и имеют разъем по горизонтальной плоскости. Рабочие поверхности вкладышей залиты баббитом 2. Смазка осуществляется смазочными кольцами 4 и дополнительной подачей масла через маслоподвод 1 на вал 7. Маслоподвод имеет указатель течения масла 6 — застекленное круглое окно для контроля за протеканием масла и игольчатый кран, который позволяет отрегулировать подачу необходимого количества масла. При случайном прекращении подачи масла смазка подшипников обеспечивается смазочными кольцами. При прекращении подачи масла допустимое время работы машины на смазочных кольцах указывается заводом-изготовителем. Для предотвращения вытекания масла из подшипников имеются уплотнения 8. Масло отводится через маслоотвод 10. При смене масла его сливают через маслослив 9.

Подшипники скольжения требуют ежедневного осмотра. У них регулярно контролируют температуру нагрева, уровень масла, вибрацию и зазор между вкладышем и цапфой. О температуре подшипника обычно судят по температуре масла, которую замеряют термометром, опущенным в масляную камеру стояка. Температура масла для большинства подшипников должна быть не более 80° С. Масло холоднее подшипников примерно на 5—10° С. В машинах с принудительной смазкой температура масла в месте его вытекания из подшипника не должна превышать 65° С.

Уровень масла контролируют при неподвижном роторе по отметкам максимального и минимального уровней маслоуказателя. Недостаточная подача масла может быть вызвана низким уровнем масла, медленным вращением смазочных колец, сильным сгущением масла. Медленное вращение колец происходит при их намагничивании; из-за недоброкачественного масла, при шероховатой шейке вала из-за разъедания ее токами в подшипнике, неправильной формы колец (некруглость или погнутость). Сгущение масла происходит в результате его длительного использования. Может произойти загрязнение масла вследствие попадания в него пыли через уплотнение или из-за плохой очистки литой поверхности подшипниковой камеры. При большом количестве масла или при выработке уплотнений масло может попасть внутрь машины, на обмотку и другие части.

Подшипник может перегреваться из-за чрезмерно большого давления на него при сильном натяжении приводного ремня. Нагрузки на подшипник могут вырасти из-за его износа. При сильном износе появляется недопустимая неравномерность воздушного зазора, которая приводит к одностороннему притяжению ротора к статору, что в свою очередь делает износ более интенсивным. Для нормальной работы машины необходимо, чтобы износ не превышал определенной величины.

При обнаружении неисправности ее устраняют. Примерно один раз в месяц в подшипник добавляют масло. Замену смазки производят согласно графику ППР. При замене масла его сливают

через маслослив, промывают подшипник керосином, а затем маслом, чтобы удалить остатки керосина. При необходимости поверхность камеры очищают стальной проволочной щеткой, промывают и покрывают маслостойкой эмалью и в чистый подшипник заливают масло. Марка масла и его вязкость указываются в заводской инструкции по эксплуатации и они зависят от системы подачи масла, частоты вращения, условий работы и др. Вибрации измеряют так же, как в машинах с подшипниками качения.

### § 13-5. Техническое обслуживание и текущий ремонт обмоток электрических машин

При эксплуатации электрических машин постепенно разрушается изоляция обмоток в результате ее нагрева, воздействия механических усилий от вибрации, динамических сил при пусках и переходных процессах, центробежных сил при вращении, влияния влаги и агрессивных сред, загрязнения различной пылью. Необратимые изменения структуры и химического состава изоляции называют *старением*, а процесс ухудшения свойств изоляции в результате старения — *износом*.

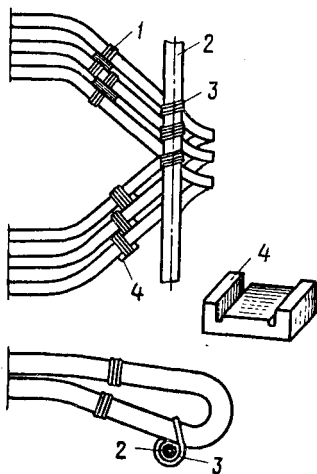
Главной причиной выхода из строя изоляции машин низкого напряжения является температурное воздействие. При температурном расширении изоляционных материалов ослабляется их структура, возникают внутренние механические напряжения. Тепловое старение изоляции делает ее уязвимой для механических воздействий. При потере механической прочности и эластичности изоляция не способна противостоять обычным условиям вибрации или ударам, проникновению влаги и неодинаковым тепловым расширениям меди, стали и изоляционных материалов. Усадка изоляции от воздействия теплоты приводит к ослаблению креплений и «разбалтыванию» катушек, клиньев, пазовых прокладок и других крепежных конструктивных деталей, что способствует повреждению обмотки при относительно слабых механических воздействиях. В начальный период эксплуатации пропиточный лак хорошо цементирует обмотку, но вследствие теплового старения лака цементация ухудшается и действие вибрации становится более ощутимым.

В процессе эксплуатации обмотка может загрязняться пылью из окружающего воздуха, маслом из подшипников, угольной пылью при работе щеток. В рабочих помещениях металлургических и угольных предприятий, прокатных, коксовых и других цехов пыль настолько мелка и легка, что проникает внутрь машины, в такие места, куда попадание ее, казалось бы, невозможно. Она образует проводящие мостики, которые могут вызвать перекрытие или пробой на корпус.

Наружнюю поверхность машины и доступные внутренние части в процессе технического обслуживания очищают от пыли сухой салфеткой, волосяной щеткой или пылесосом.

При текущем ремонте обмоток машину разбирают. Обмотки осматривают, продувают сухим сжатым воздухом и при необходи-

мости протирают салфетками, смоченными в бензине. При осмотре проверяют надежность крепления лобовых частей, клиньев, бандажей. При обнаружении неисправности ее устраняют. Ослабленные или оборванные бандажи на лобовых частях статорных обмоток из круглого провода срезают, заменяя их новыми из стеклянного или лавсанового шнуров или лент.



В обмотках из прямоугольного провода закрепляют ослабленные дистанционные прокладки 4 (рис. 13-12), обвязку катушек 1, крепление 3 катушек к бандажному кольцу 2; поврежденные выводные концы изолируют. Если покрытие обмотки находится в неудовлетворительном состоянии, то обмотку сушат, покрывают слоем эмали и сушат эмаль. Покрывать обмотку толстым слоем эмали не рекомендуется, так как утолщенный слой ухудшает охлаждение машины. Качество проведенного ремонта проверяют замером сопротивления изоляции до и после ремонта.

Рис. 13-12. Крепление лобовых частей обмотки из прямоугольного провода

Короткозамкнутые обмотки асинхронных двигателей при текущем ремонте, как правило, не ремонтируют, а только осматривают. При обнаружении неисправностей роторы отправляют в капитальный ремонт. При осмотре определяют целостность обмотки, отсутствие трещин, обрывов стержней, деформаций стержней у сварной короткозамкнутой клетки и т. п.

### § 13-6. Техническое обслуживание и текущий ремонт щеточно-коллекторного узла

Щеточно-коллекторный узел в машинах постоянного тока и других машинах является наименее надежным узлом и требует тщательного технического обслуживания. Для обеспечения безыскровой работы надо выполнить ряд условий, обеспечивающих надежный контакт между щеткой и коллектором и равномерную допустимую нагрузку током рабочей поверхности щетки.

Исправность щеточно-коллекторного узла проверяют при осмотре и необходимых измерениях. У исправных коллекторов поверхность гладкая, без выступающей слюды или отдельных пластин, без вмятин, подгаров, без эксцентриситета или биения. Щетки свободно скользят в обоях щеткодержателей, но без качки и с достаточной силой прижимаются к коллектору. Болты, траверсы, пальцы, на которых крепятся щеткодержатели, достаточно жесткие и не имеют вибраций, качки и т. п. Якорь машины отбалансирован и вращается без вибраций. Щетки одной марки,

требуемого размера тщательно притерты к коллектору. Поверхность коллектора, по которой скользят щетки, имеет гладкую блестящую поверхность (политуру обычно коричневого цвета), которая представляет собой пленку закиси меди с графитом. Политура обладает смазывающими свойствами, которые уменьшают износ щеток и обеспечивают хорошую коммутацию.

При техническом обслуживании пыль с коллектора и щеточного механизма удаляют пылесосом или продувкой сжатым воздухом и протирают коллектор салфеткой, смоченной спиртом. Проверяют легкость перемещения щетки 2 (рис. 13-13) в щеткодержателе 1. Если щетка перемещается туго, необходимо почистить щеткодержатель и щетку. Проверяют зазор между щеткодержателем и коллектором, который должен быть в машинах большой мощности 2—4 мм, в машинах малой мощности 1—2,5 мм. Люфт щетки в гнезде щеткодержателя в направлении вращения коллектора не должен превышать 0,1—0,2 мм при толщине щетки 8—16 мм и 0,15—0,25 мм при толщине свыше 16 мм. Большой зазор приводит к наклону щетки из-за силы трения о коллектор, увлекающей за собой нижний

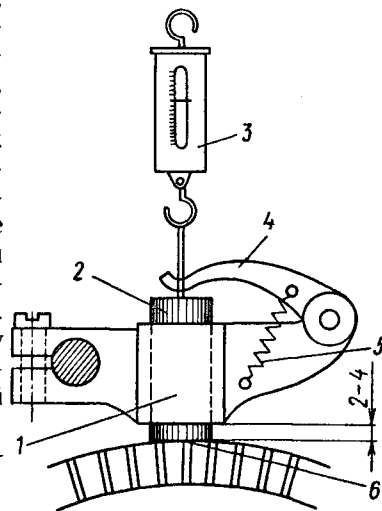


Рис. 13-13. Устройство для измерения динамометром давления щетки на коллектор

край щетки, и затрудняет ее перемещение в гнезде. Большой люфт особенно проявляется в реверсивных машинах, так как при изменении направления вращения щетка наклоняется в противоположную сторону, что приводит к уменьшению ее поверхности прилегания к коллектору. Вдоль оси коллектора допускается люфт в гнезде от 0,2 до 0,5 мм.

Измеряют также давление щетки на коллектор. Под щетку подкладывают лист бумаги 6, а динамометр 3 крепят к щетке. Показания динамометра, при котором бумага легко вытаскивается из-под щетки, позволяют определить давление щетки на коллектор. Недостаточное давление щетки приводит к сильному искрению и ускоренному износу коллектора и щеток. Слишком сильное давление увеличивает силу трения в скользящем контакте, а также износ. Давление должно быть наименьшим, при котором искрение не превышает значения, допустимого по технической документации. Давление на все щетки одинаково для равномерного распределения тока между щетками. Палец щеткодержателя 4 налегает на середину щетки и на щетке нет большой выработки от его давления, которое регулируется пружиной 5.

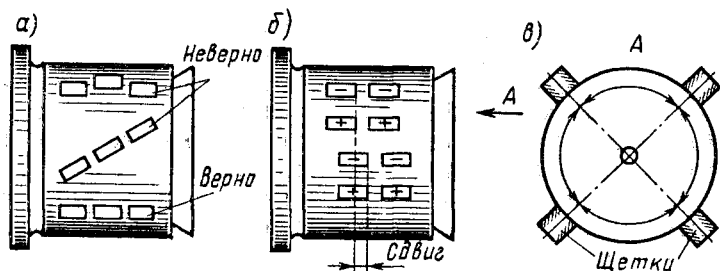


Рис. 13-14. Расстановка щеток на коллекторе

Кроме того, проверяется правильное расположение щеток на коллекторе. Для равномерной нагрузки щеток током на каждом щеткодержателе их размещают строго по оси коллектора (рис. 13-14,а). Для равномерного износа коллектора щетки рядов в осевом направлении сдвинуты (рис. 13-14,б). Расстояние между щеткодержателями одинаково (рис. 13-14,в).

Биение рабочей поверхности коллектора проверяют индикатором часового типа. Для того чтобы углубление между коллекторными пластинами не искажали измерений, на конец стержня индикатора надевают плоский наконечник. Биение проверяют в нескольких местах при медленном проворачивании якоря. Допустимое биение в быстроходных машинах с окружной скоростью коллектора до 50 м/с не превышает 0,02—0,03 мм; в тихоходных машинах без ущерба для работы машины можно допустить значительно большее биение.

При выработке щеток их заменяют. Величина допустимой выработки указывается в технической документации на каждую машину. После установки новых щеток производят их притирку и шлифовку. Для притирки между щеткой и коллектором устанавливают стеклянную шкурку с мелким зерном и протягивают ее в направлении вращения коллектора (рис. 13-15). Рабочая поверхность шкурки придает щетке предварительный радиус, который близок к радиусу коллектора. Затем щеточный аппарат продувают сжатым воздухом для очистки от пыли и щетки шлифуют при вращающейся на холостом ходу машине. Шлифовку можно считать законченной, когда не менее половины поверхности щетки прилегает к коллектору. При этом на коллекто-

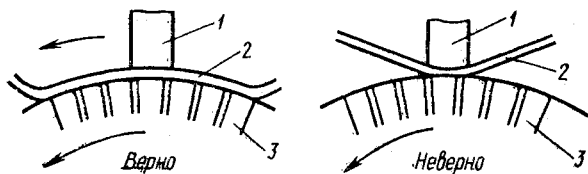


Рис. 13-15. Схема притирки щеток к коллектору:

1 — щетки; 2 — стеклянная шкурка; 3 — коллектор

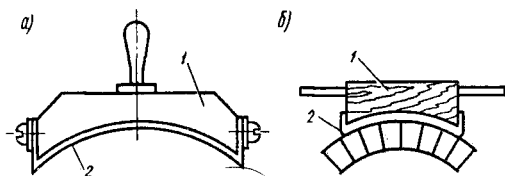


Рис. 13-16. Колодка для шлифования коллектора:

а — с одной ручкой; б — с двумя ручками; 1 — деревянная колодка; 2 — стеклянная шкурка

ре должна быть политура. Если коллектор имеет царапины, незначительные подгары, то их удаляют шлифовкой коллектора (рис. 13-16). После шлифовки коллектора необходимо создать на нем политуру, вращая машину на холостом ходу.

Текущий ремонт производят при появлении на коллекторе сильных подгаров, выработок, неровностей, выступления отдельных пластин, биения рабочей поверхности. Для устранения этих неисправностей коллектор протачивают. Операция проточки в небольших машинах связана с разборкой, а в крупных — с серьезными работами, поэтому проточку производят при текущем ремонте.

При разборке двигатель отсоединяют от приводного механизма, подсоединительных проводов, заземления и снимают полушпунт или шкив. Для этого снимают жалюзи 1 (рис. 13-17) и находят метку, определяющую положение траверсы 6 относительно щита 4. Метка может быть сделана засечкой зубила на траверсе и щите или краской. Если метка отсутствует или не четкая, то ее наносят заново. При этом траверса должна быть надежно закреплена на щите болтом 7. Метку наносят также на щит 4 и корпус 9. Это необходимо для того, чтобы правильно собрать щеточный узел. Затем вынимают щетки 8 из щеткодержателей, отворачивают болты 3 и снимают крышку подшипника 2, отворачивают болты 5 и снимают щит 4. Щит сначала должен сойти с замка на корпусе, а затем с подшипника. После снятия щита 4 якорь опускается и ложится на полюса. Отворачивают болты 10 и снимают щит с замка на корпусе. Якорь вынимают из индуктора вручную, если он небольшой массы или с помощью приспособления (см. рис. 13-6), если он большой массы. Якорь укладывают на деревянную подставку, отворачивают болты 12 (см. рис. 13-17), снимают крышку подшипника 13 и щит 11.

Для проточки якорь устанавливают подшипниками на люнеты токарного станка. Внутренние крышки подшипников закрепляют так, чтобы они не вращались. Проточку коллектора производят высококачественными резцами при скорости резания порядка 90 м/мин, подаче не более 0,05—0,1 мм на оборот и минимальной глубине резания. При получении чистой поверхности проточку прекращают.

После проточки производят продоразивание коллектора. *Продоразиванием* называют операцию уменьшения высоты изоляци-

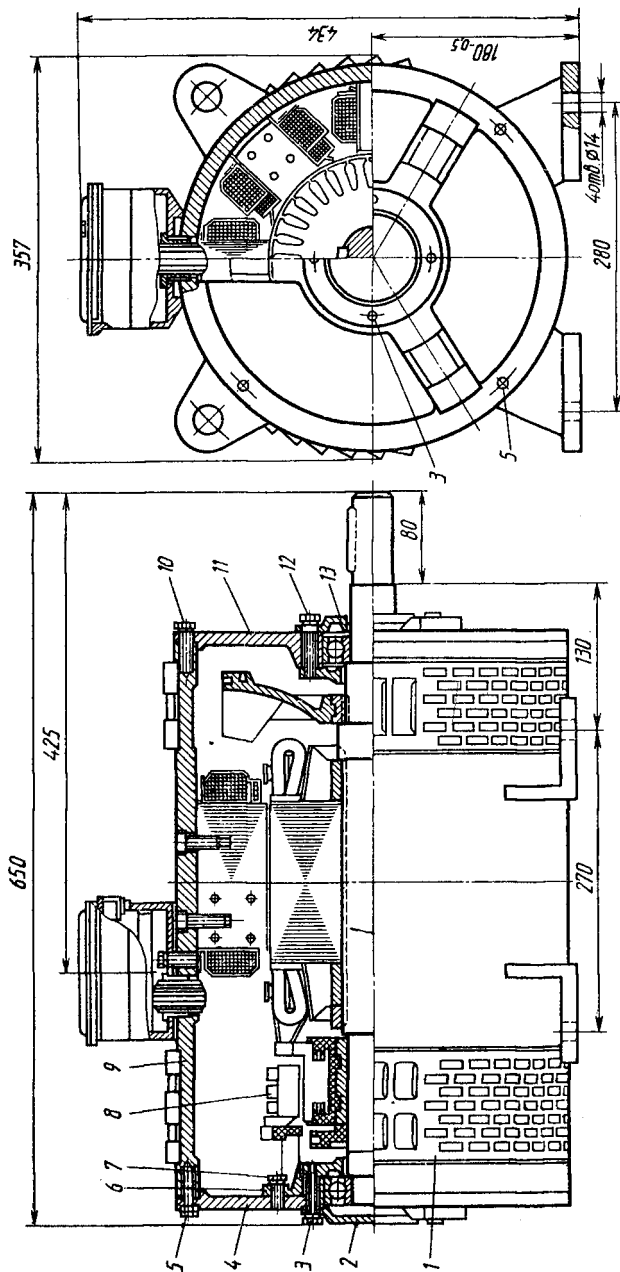


Рис. 13-17. Двигатель постоянного тока с высотой оси вращения 180 мм, степень защиты IP22



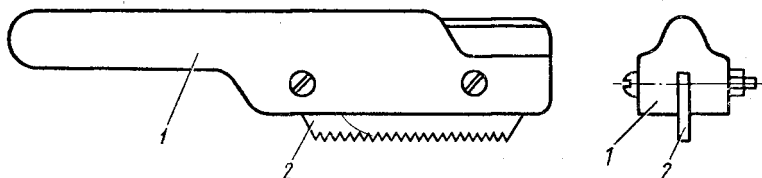


Рис. 13-18. Пилка для продоразживания коллектора:

1 — деревянная ручка; 2 — ножовочное полотно

онных пластин на 1—2 мм по сравнению с коллекторными пластинами. Если изоляционные пластины имеют один размер с медными или больше их, то нарушается контакт между щеткой и медной пластиной. Следует иметь в виду, что изоляционная пластина срабатывается медленней, чем медная. Продоразживание производят специальной пилкой (рис. 13-18), которую изготовляют из ножовочного полотна. Пропиливание изоляции выполняют по рис. 13-19,а, а не по рис. 13-19,б; в последнем случае после небольшого износа коллектора изоляция выступает за его пределы. Края коллекторных пластин притупляют под углом  $45^\circ$  на ширину не более 0,5 мм. Коллектор шлифуют стеклянной шкуркой и собирают машину. В собранной машине производят притирку щеток и создание политуры.

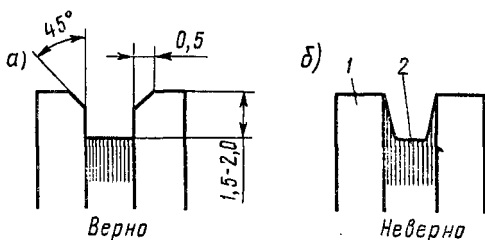


Рис. 13-19. Продоразживание коллектора:

1 — коллекторная пластина; 2 — изоляция между пластинами

При сборке машины совмещают метки на щите и корпусе и на щите и траверсе. Однако необходимо проверить правильность установки щеток на нейтраль еще раз после притирки щеток и создания политуры. Для этого отключают обмотку возбуждения и через реостат от аккумуляторной батареи подводят к ней постоянный ток (рис. 13-20). Сила тока в обмотке составляет примерно 5—10% от номинального, что важно для предотвращения пробоя обмотки ЭДС самоиндукции, возникающей при размыкании цепи.

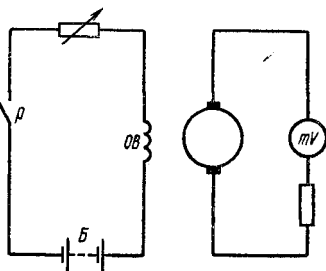


Рис. 13-20. Схема для установки траверсы в нейтраль

К зажимам якоря присоединяют милливольтметр на 45—60 мВ с добавочным сопротивлением для напряжения 1,5—3 В. Затем производят замыкание и размыкание цепи возбуждения; при этом в якоре индуцируется ЭДС трансформации и стрелка прибора отклоняется в ту или другую сторону в зависимости от положения щеток. При щетках, находящихся в нейтрали, ЭДС практически равна нулю. Траверсу со щетками передвигают до тех пор, пока не достигнуто это положение щеток. Рекомендуется проверять правильность положения траверсы при различных положениях якоря. Якорь следует поворачивать в одном и том же направлении во избежание влияния на показания прибора возможного перемещения щеток в щеткодержателе. Закрепив траверсу болтом 7 (см. рис. 13-17), еще раз проверяют правильность ее положения. Затем наносят новые метки на траверсу и щит, если их положение не соответствует требуемому.

Коллекторы крупных машин протачивают без разборки машины в собственных подшипниках. Для проточки снимают часть щеткодержателей и на траверсе или щите устанавливают специальный суппорт. Резец должен быть обращен режущей кромкой вверх, немного выше центра. Для предохранения обмотки от попадания стружки ее защищают парусиновым чехлом, который завязывают лентой на лобовых частях. После проточки выполняют остальные операции.

Техническое обслуживание и текущий ремонт контактных колец более прост по сравнению с коллекторами и поэтому подробно не описывается. Требования к поверхности контактных колец и щеткам те же, что и к коллекторному узлу.

### **§ 13-7. Техническое обслуживание и текущий ремонт аппаратуры**

Аппаратура, эксплуатируемая на предприятиях, отличается большим многообразием. К ней относятся: все виды выключателей и переключателей, рубильники, контакторы, реле, контроллеры, командоаппараты, реостаты, предохранители, а также комплекты устройства из аппаратов, измерительных приборов и др.

Несмотря на большое многообразие и различные конструкции, при техническом обслуживании и текущем ремонте используются общие положения и правила, выработанные на основе длительной эксплуатации. Кроме общих правил при обслуживании каждого конкретного аппарата используют указания, приведенные в его техническом описании и инструкции по эксплуатации.

При техническом обслуживании аппарат отключают от сети и принимают меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения, производят его осмотр; очищают от пыли, грязи, масла; проверяют надежность крепления к панели; наличие заземляющих проводов; правильное взаимное положение деталей и их взаимодействие; выработку осей, кулачков и других подвижных и неподвижных деталей; производят необходимую регулировку.

При текущем ремонте заменяют детали, изношенные или не соответствующие требованиям эксплуатации. Пружины, контакты, дугогасительные камеры заменяют на новые заводского изготовления, а конструкционные детали могут изготавливаться на собственном предприятии; также могут перематываться катушки.

Важнейшим условием, обеспечивающим нормальную работу коммутационных аппаратов с подвижными контактами, является достаточная величина нажатия контактов и их чистота. Неплотное примыкание рабочих контактов и их сильное загрязнение приводят к перегреву контактов, что может при очень сильных перегревах вызвать приваривание их друг к другу. Нормальная величина нажатия зависит от типа аппарата и должна соответствовать заводским данным, которые приводятся в инструкции по эксплуатации. Нагар с контактов удаляют салфеткой, смоченной в бензине. При обгорании контактов их чистят надфилем с мелкой насечкой. При толщине контактов менее 0,5 мм их заменяют. Чистить контакты абразивами запрещается.

Рассмотрим обслуживание и ремонт некоторых аппаратов. Принципиальная схема магнитного пускателя показана на рис. 13-21, а, а его магнитопровод на рис. 13-21, б. Магнитопроводы при длительной эксплуатации в месте соприкосновения сердечника и якоря могут загрязняться или корродировать. Загрязнения удаляют салфеткой, смоченной в бензине, а коррозию мелкой шкуркой. Площадь соприкосновения сердечника и якоря должна быть не менее 70 % от общего сечения магнитопровода. Проверку следует производить листами белой и копировальной бумаги, которые помещают между сердечником и якорем и смыкают магнитопровод вручную. При выходе из строя короткозамкнутых витков их заменяют новыми.

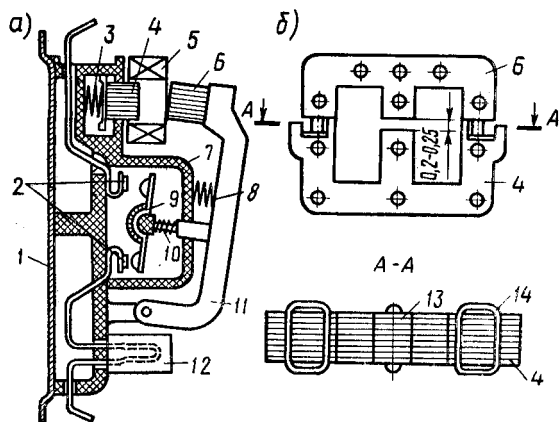


Рис. 13-21. Принципиальная схема магнитного пускателя (а) и магнитопровода (б):

1 — основание; 2 — неподвижные контакты; 3 — пружина сердечника; 4 — сердечник; 5 — катушка; 6 — якорь; 7 — изоляционная стенка дугогасительной камеры; 8 — отключающая пружина; 9 — подвижный контакт; 10 — пружина; 11 — траверса; 12 — тепловое реле; 13 — средний керн магнитопровода; 14 — короткозамкнутый виток

Залипание якоря после того, как снято напряжение, может происходить от уменьшения воздушного зазора между средними кернами магнитопровода. При зазоре менее 0,2 мм его следует увеличить, подпиливая средний керн якоря до 0,25 мм. Поверхности должны быть параллельными.

Сопротивление изоляции катушки должно быть не менее 0,5 МОм. При его снижении катушку следует сушить в печи. При витковых замыканиях в катушке, больших трещинах каркасов (в каркасных катушках), нарушении изоляции (в бескаркасных катушках) их заменяют на новые, а снятые отправляют в перемотку.

При регулировке магнитного пускателя проверяют размеры растровов и провалов, а также степень их сжатия. Раствор *A* измеряют штангенциркулем или кронциркулем (рис. 13-22), а провал *B* шупом. Контактное нажатие проверяют в двух положениях: в разомкнутом (начальное нажатие) и замкнутом (конечное нажатие). Для определения начального нажатия полоску бумаги 2 прокладывают между подпружиненным подвижным контактом 3 (рис. 13-22, *a*) и его упором 5 и оттягивают динамометром подвижный контакт. Показание динамометра в момент освобождения бумаги равно величине начального нажатия. Недостаточная величина нажатия может привести к привариванию контактов, а чрезмерное нажатие — к нечеткой работе контактов. Конечное нажатие определяется также полоской бумаги, которую прокладывают между неподвижным 1 и подвижным 3 контактами при их замкнутом положении (рис. 13-22, *b*). Начальное и конечное нажатия регулируются пружиной 4.

Пластмассовые изоляционные детали, вышедшие из строя, заменяются новыми, изготавливая их из стеклотекстолита. Дугогазительные камеры, как правило, ремонту не подлежат и заменяются новыми. Незначительные сколы, трещины или выгоревшие

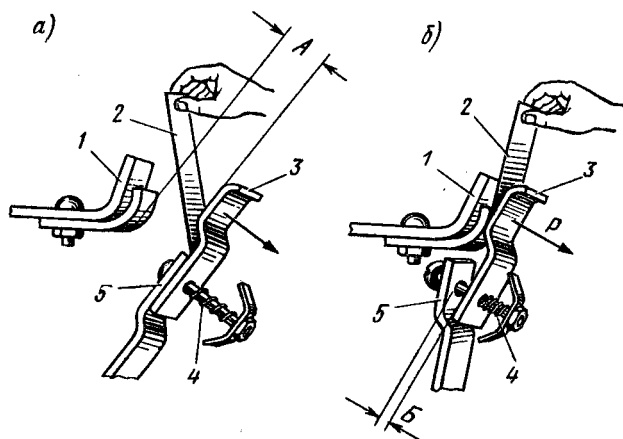


Рис. 13-22. Способ измерения начального (*a*) и конечного (*b*) нажатия

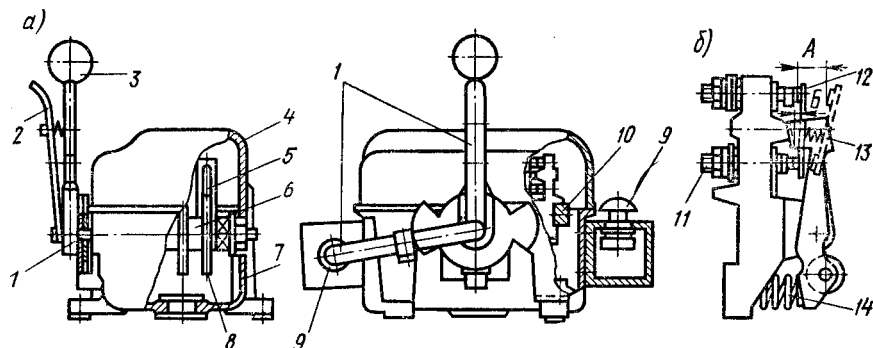


Рис. 13-23. Общий вид командоконтроллера типа ЭК-8200К (а) и кулачкового элемента (б):

А — раствор контактов; Б — провал контактов; 1 — вал; 2 — рычаг; 3 — рукоятка; 4 — крышка; 5 — кулачковый элемент; 6 — кулачковый барабан; 7 — корпус; 8 — кулачковая шайба; 9 — кнопка аварийного выключения; 10 — рейка крепления кулачковых элементов; 11 — контактный болт; 12 — контактный мостик; 13 — пружина нажатия; 14 — пружина возврата рычага

места очищают от пыли, грязи и гари и замазывают смесью асбеста, цемента и воды.

Автоматические воздушные выключатели осматриваются и обслуживаются принципиально так же, как и магнитные пускатели. При этом уход за контактной системой, замена контактов, катушек, дугогасителей практически отличается мало. После окончания ремонта автоматы должны подвергаться испытаниям на включение и выключение; при этом измеряется сопротивление изоляции и ее электрическая прочность.

При техническом обслуживании командоконтроллера (рис. 13-23) проверяют состояние контактов, четкость фиксации рукоятки, величину начального и конечного нажатия пружин, наличие смазки. При текущем ремонте заменяют контактные болты, контактные мостики, пружины. Командоконтроллер разбирают в следующем порядке: снимают крышку 4, рукоятку 3, пружины фиксатора и вынимают рычаги с роликами. Отвернув винты, снимают также блоки контактных элементов. Контактный мостик 12 снимают без изъятия пружин. При смене контактов необходимо учитывать, что смещение подвижных контактов относительно неподвижных должно быть не более 1 мм. Перед сборкой на ролик рычага фиксатора, рабочую поверхность кулачковых шайб, зубья храповика наносят тонкий слой смазки. Сборку производят в порядке, обратном разборке.

### § 13-8. Обнаружение неисправностей электроприводов

При эксплуатации электроприводов возможны случаи, когда ранее нормально работающий привод начинает работать ненормально, т. е. электродвигатель не запускается; при пуске не набирает номинальных оборотов; при работе гудит, вибрирует,

перегревается; сильно искрят щетки; слышится ненормальный шум и т. п. Обслуживающий персонал должен определить неисправность и при возможности устранить ее или отправить двигатель в капитальный ремонт. При определении неисправностей рекомендуется определенный порядок.

**Асинхронные электродвигатели.** В случае, когда двигатель при работе перегревается, необходимо проверить нагрузку, измеряя силу тока статора, и питающее напряжение. В случае перегрузки двигатель перегревается и необходимо уменьшить нагрузку до номинальной. В случае увеличения или уменьшения напряжения сверх допустимых значений двигатель также перегревается. В этом случае, как правило, довести напряжение до номинального значения не всегда возможно, так как значение напряжения регулируется на подстанциях или электростанциях. Для уменьшения перегрева двигателя следует уменьшить нагрузку.

Перегрев двигателя может происходить из-за обрыва стержней ротора или замыкания витков в его обмотке; шум и вибрация могут возникать при ослаблении крепления сердечников ротора или статора, нарушении балансировки ротора, замыкания в его обмотках. Эти неисправности можно обнаружить только после разборки двигателя. Если двигатель не запускается сначала, необходимо проверить целостность предохранителей и правильность работы пусковой аппаратуры. Затем проверяют наличие и значение напряжения питания на зажимах двигателя. Для этого снимают крышку коробки выводов (см. рис. 13-4) и на зажимах вольтметром измеряют напряжение между подводящими проводами. Для трехфазных асинхронных двигателей напряжение на всех фазах должно быть одинаковым и иметь номинальное значение. Если напряжение имеет большую разницу по фазам, необходимо проверить питающую сеть. Если питающая сеть в порядке, приступают к проверке двигателя. Для этого обесточивают питающую сеть и отключают ее от двигателя. Конструкции современных двигателей, как правило, не позволяют осмотреть детали и узлы, расположенные внутри двигателя, без его разборки; поэтому сначала осуществляют проверку с помощью приборов. Проверку начинают с того, что пытаются, если это позволяет приводной механизм, повернуть вал двигателя рукой и убедиться в легком вращении ротора.

При вращении ротора рукой можно в некоторых случаях обнаружить неисправности подшипников или определить «цепляние» ротора за статор. Затем мегаомметром проверяют сопротивление изоляции на корпус и между фазами. Этой проверкой можно обнаружить пробой изоляции на корпус и между фазами. Предварительно отсоединяют все концы двигателя от выводной доски. Мегаомметром проверяют отсутствие обрыва в каждой фазе. Следующая проверка состоит в измерении сопротивления обмоток постоянному току, которое выполняют методом амперметра и вольтметра, одинарным или двойным мостом. Этой проверкой определяют отсутствие обрывов параллельных ветвей обмотки или элементарных проводников в случае, когда эффективный про-

водник состоит из нескольких элементарных. В асинхронных двигателях с фазным ротором проверки сопротивления изоляции и сопротивления постоянному току проводят для статора и ротора.

В случае, когда вышеприведенные проверки не позволяют установить неисправность, двигатель разбирают и осматривают в соответствии с требованиями текущего ремонта или отправляют в ремонтный цех.

**Двигатели постоянного тока.** Если двигатель постоянного тока не запускается, сначала убеждаются в исправности пускорегулирующей аппаратуры, пусковых реостатов, правильной подаче напряжения на зажимы двигателя. Затем осматривают щеточно-коллекторный узел, измеряют сопротивление изоляции, сопротивление обмоток постоянному току, снимают потенциальную диаграмму коллектора. Причины появления шума и перегрева у двигателей постоянного тока примерно те же, что и в асинхронных двигателях.

### § 13-9. Техника безопасности

Обслуживание электрических машин сопряжено с опасностью получения травм от вращающихся частей и поражения электрическим током. Все вращающиеся и токоведущие части должны иметь ограждения. Обслуживание производят в прилегающей к телу одежде; рукава должны быть застегнуты у кистей.

После останова двигателя для работ без его разработки на приводе выключателя вывешивается плакат *«Не включать — работают люди»*. Ручное включение и отключение машин напряжением свыше 1000 В необходимо выполнять в диэлектрических перчатках и калошах или на коврике. Отключение выполняют с видимым разрывом электрической цепи, для чего отключают разъединители, снимают плавкие вставки предохранителей, отсоединяют привода сети. После вывешивания плаката проверяют отсутствие напряжения на отключенном участке сети. В оперативном журнале делают запись об отключении машины. Включение производят только после отметки в журнале об окончании работ с указанием ответственного лица.

Отключенные двигатели насосов и вентиляторов могут неожиданно прийти в движение под напором воды или воздуха. В таких установках необходимо закрыть вентили или другое закрывающее устройство, запереть его на замок и вывесить плакат *«Не открывать — работают люди»*. Если трехфазный двигатель отсоединен от сети, концы всех фаз питающего кабеля замыкают накоротко и заземляют переносным заземлением. Работа в пусковой аппаратуре допускается только при полном снятии напряжения.

Электрические машины небольшой мощности разбирают на верстаках, а машины большой мощности — на специальных стендах с доступом к ним со всех сторон. Разборку рекомендуется производить в рукавицах, чтобы предохранить руки от осадков, царапин и ушибов. Съемники для съемки подшипников не должны иметь трещин, погнутых стержней, сорванной резьбы. Запрещается сбивать подшипники с валов и выбивать их из гнезд ударами молотка. Разобранные подшипниковые щиты, роторы и якоря следует укладывать на стеллажи, статоры на подставки, а мелкие детали в ящик.

Безопасность выполнения работ обеспечивается также организационными мерами. К ним относятся: оформление работы нарядом, оформление допуска к работе, надзор во время работы и т. п. Наряд есть письменное распоряжение на работу в электроустановках, определяющее место, время, начало и окончание работ; условия безопасного ее проведения; состав бригады и лиц, ответственных за безопасность. Без наряда по устному или письменному распоряжению, но с обязательной записью в журнале могут выполняться такие работы, как уборка помещений до ограждений электрооборудования, чистка кожухов, доливка масла в подшипники, уход за коллекторами, контактными кольцами, щетками, замена пробочных предохранителей.

Испытание изоляции повышенным напряжением и измерение ее сопротивления должны проводиться с соблюдением дополнительных мер безопасности. Эти контрольные операции должны производиться бригадой в составе не менее двух человек, прошедших специальную подготовку. Во время измерения сопротивления изоляции обмоток мегаомметром нельзя прикасаться к проводникам обмотки; после измерения обмотку надо сразу разрядить на корпус.

Причинами пожара, как правило, являются: работа с открытым огнем, неисправности электрических устройств и проводов, курение и несоблюдение правил пожарной безопасности. Все цехи и участки должны быть обеспечены противопожарным инвентарем и огнетушителями. Рабочие должны уметь ими пользоваться при пожаре.

Для тушения применяют воду, водяной пар и специальные химические вещества. Вода наиболее дешевое и распространенное средство, однако ее нельзя применять для тушения бензина, бензола, керосина и других легковоспламеняющихся жидкостей с малой плотностью. Для тушения электроустановок, находящихся под напряжением, применяют углекислоту ( $\text{CO}_2$ ). Образуя при быстром испарении снегообразную массу, она охлаждает горящее вещество и снижает концентрацию кислорода. В электроустановках при тушении пожара принимают неотложные меры по их отключению. После ликвидации пожара установку включают только после очистки и проверки ее состояния.

В производственных помещениях необходимо соблюдать чистоту и порядок, не допускать захламления. Отходы материалов, тряпки, стружку, опилки надо регулярно убирать в специально отведенные места. Обтирочные материалы (ветошь) должны храниться в металлических ящиках с крышками. Ветошь, бывшая в употреблении, обладает способностью к самовозгоранию; ее необходимо ежедневно удалять. В случае возникновения пожара или возгорания принимаются немедленные меры по его ликвидации и одновременно сообщается в ближайшую пожарную часть.

#### *Контрольные вопросы*

1. Как производят осмотр электродвигателей при эксплуатации?
2. Как заменяют смазку в подшипниках качения?
3. Как заменяют смазку в подшипниках скольжения?
4. Как осматривают щеточно-коллекторный узел?
5. Как осматривают аппараты при эксплуатации?
6. Как выполняют текущий ремонт аппаратов?
7. Какой порядок действий при обнаружении неисправности двигателя?
8. Какие правила техники безопасности следует соблюдать при эксплуатации электрооборудования?

## **Глава 14. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КРАНОВ И ПОДЪЕМНИКОВ**

### **§ 14-1. Приемка в эксплуатацию электрооборудования вновь смонтированных кранов и подъемников**

Вновь смонтированные краны принимает в эксплуатацию приемочная комиссия. При осмотре электрооборудования кранов комиссия определяет соответствие его технической документации. Электрооборудование (электродвигатели, силовые и контакторные контроллеры, конечные выключатели, резисторы и т. п.) должно быть в исполнении, соответствующем условиям окружающей среды. Электропроводку на кране выполняют в соответствии с общими требованиями к электропроводкам.

Электропроводку выполняют так, чтобы она была защищена от механических повреждений, возможности попадания на нее масла. Присоединение проводов и кабелей к аппаратам производится с помощью наконечников или специальных зажимов. В местах



выходов их из аппаратуры провода защищены от повреждений втулками, раззенковками и т. п. Открытые токоведущие части электрооборудования, доступные для прикосновения, ограждены.

Кабины управления кранами, аппаратные кабины и кабины, где установлены механизмы, имеют освещение, выполненное таким образом, чтобы при отключении электрооборудования, установленного на кране, освещение оставалось включенным. Для освещения места работы крана его снабжают прожектором или фонарем. Кабины кранов, работающих в условиях низких температур, снабжены электрическими печами. Печи присоединяют к электрической сети таким образом, чтобы они отключались одновременно с краном. Контроллеры для удобства обслуживания располагаются на расстоянии между ними не менее 100 мм; рукоятки и маховики управления располагают на высоте от пола не менее 1050 и не более 1150 мм.

При осмотре электрооборудования лифтов комиссия устанавливает следующее. Машинное отделение лифта, в котором располагаются двигатель, редуктор, канатоведущий шкив, шкаф управления, соответствует правилам ПУЭ. У входа в машинное отделение установлен вводной рубильник для снятия напряжения со всей лифтовой установки и предусмотрена свободная площадь не менее 1 м<sup>2</sup>. Ширина прохода для обслуживания щита управления с лицевой и задней сторон не менее 750 мм.

Электропроводка лифта выполнена в соответствии с общими требованиями к электропроводам, а также удовлетворяет следующим требованиям. Электропроводка выполнена изолированными проводами или кабелями с резиновой изоляцией; применение силовых кабелей с изоляцией из пропитанной кабельной бумагой не допускается. Сечение жил кабелей и проводов не менее 1,5 мм<sup>2</sup> для медных жил и не менее 2,5 мм<sup>2</sup> для алюминиевых жил. Токопровод к кабине выполнен гибким многожильным кабелем или гибкими многопроволочными проводами, заключенными в общий резиновый шланг. При этом предусмотрен резерв в количестве не менее двух жил в каждом кабеле или двух проводов из числа заключенных в общий шланг. Кабели и шланги токоподвода размещены и укреплены таким образом, чтобы при движении кабины они не приходили в соприкосновение с находящимися в шахте конструкциями, стенами и канатами.

Заземление лифтов соответствует общим требованиям, а также следующим требованиям: заземление электрических машин и аппаратов, установленных на звуко- и виброгасящих опорах, выполнено гибким проводом; для заземления кабины следует использовать одну из жил кабеля или один провод из токоподвода; металлические направляющие кабины и противовеса, а также металлические конструкции ограждения шахты заземлены.

Приемо-сдаточные испытания каждого элемента электрооборудования кранов и подъемников проводят в соответствии с указаниями, в которых рассматриваются приемо-сдаточные испытания соответствующего оборудования.

## **§ 14-2. Эксплуатация и техническое обслуживание электрооборудования кранов и грузоподъемных машин**

Грузоподъемные устройства регистрируют в местных органах Госгортехнадзора, который осуществляет контроль за их эксплуатацией. Организация эксплуатации возлагается на владельца грузоподъемных машин (грузоподъемников) и организуется в соответствии с правилами, утвержденными Госгортехнадзором.

На предприятии приказом руководителя назначаются лица, ответственные за правильную эксплуатацию и надлежащее техническое состояние грузоподъемных средств. Ответственные лица должны быть аттестованы в органах Госгортехнадзора и иметь соответствующую квалификационную группу.

К персоналу, обслуживающему электрооборудование грузоподъемных машин, относятся электромонтеры, электрослесари, электромеханики и другие лица, производящие ремонт, наладку и испытание электрооборудования, вспомогательных устройств и электропроводки, а также лица, ответственные за их исправное состояние.

Персонал, обслуживающий электрооборудование грузоподъемных машин, применительно к выполняемой работе обязан изучить ПУЭ, правила Госгортехнадзора, местные инструкции и знать устройство и электрическую схему грузоподъемной машины. Указанным лицам присваивается в соответствии со знаниями и навыками квалификационная группа по технике электробезопасности (не ниже III).

Осмотр и ремонт грузоподъемных машин производятся в сроки, установленные лицом, ответственным за их исправное состояние, и утвержденные администрацией предприятия, но не реже предусмотренных ПТЭ. Одновременно с ремонтом грузоподъемной машины производится ремонт электрооборудования.

Осмотр и плановый ремонт кранов выполняются на местах их постоянной стоянки. Электрооборудование осматривают при отключенном вводном рубильнике и полностью снятом с крана напряжении. Для осмотра электрооборудования с него снимают кожухи, крышки и т. п.; проверяют затяжку болтов и винтов; осматривают контакты, натяжение пружин; последовательность включения контакторов, состояние тормозов и т. п. При осмотре устраняют мелкие неисправности и производят несложные регулировки. Осмотр электрооборудования описан выше — в гл. 13. После осмотра проверяют работы крана и электрооборудования.

Сначала проверяют исправность блокировки люков и дверей (рис. 14-1), концевых выключателей хода моста крана и тележки, ограничителей грузоподъемности и высоты, блокировочных устройств, сигнализации, ограждения всех доступных для прикосновения токоведущих частей, постоянные средства защиты (коврики, ограждения, плакаты). Проверки выполняют при включенном напряжении.

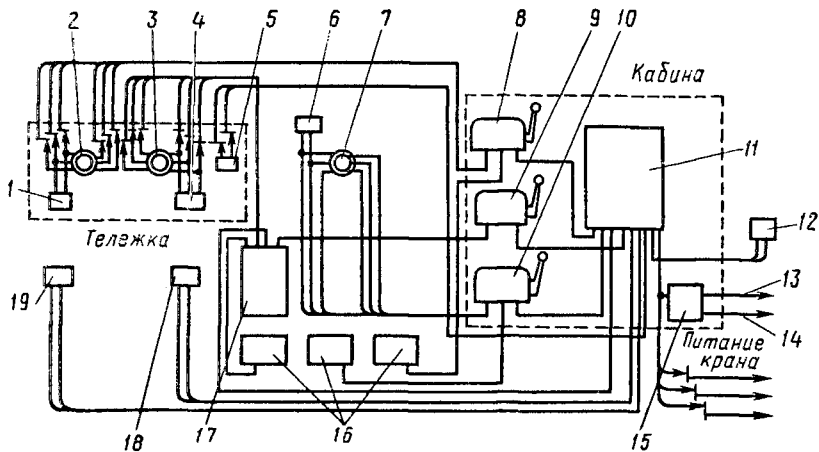


Рис. 14-1. Структурная схема электрооборудования мостового крана:

1, 4, 6 — электромагниты тормозов тележки, подъема груза и моста; 2, 3, 7 — электродвигатели движения тележки, подъема груза, движения моста; 5, 12, 18, 19 — конечные выключатели подъема, люка кабины, тележки, моста; 8, 9, 10 — контроллеры привода тележки, подъема и моста; 11 — защитная панель; 13 — вспомогательная цепь освещения и сигнализации; 14 — цепь аварийного освещения; 15 — щиток вспомогательных цепей; 16 — пускотормозные резисторы; 17 — шкаф магнитного контроллера привода подъема

Блокировку люков и дверей проверяют следующим образом. При включенном напряжении на кране открывают люк или дверь. При этом должно отключиться напряжение на кране. Напряжение включается нажатием кнопки главного контактора. При проверке конечных выключателей хода моста крана приводят в движение мост крана в одну из сторон. При подходе к концу подкрановых путей или соседнему крану лыжи, стоящие на окончании подкрановых путей или соседнем кране, нажимают на конечный выключатель и выключают напряжение на кране. Включить напряжение можно только после того, как все контакторы поставлены в нулевое положение. Напряжение включается кнопкой главного контактора. Таким образом проверяют все конечные выключатели на кране и тележке.

При проверке контроллера убеждаются, что все скорости крана включаются нормально. Проверяется работа тормозов. Мост крана приводят в движение и затем контроллер устанавливают в нулевое положение и замечают расстояние тормозного пути, которое должно соответствовать паспортным данным. При слишком длинном тормозном пути трудно осуществлять технологический процесс на производстве, так как при работе невозможно точно останавливать кран в нужном месте. При слишком коротком тормозном пути кран останавливается резко, что приводит к раскачиванию груза и повышенному износу тормозов и других элементов.

Регулировку тормоза с электрогидротолкателем (рис. 14-2) производят пружиной 8, которая через рычаг 5 и систему тяг сводит рычаги 1 и 3 с тормозными колодками 2 и 9, обеспечивая

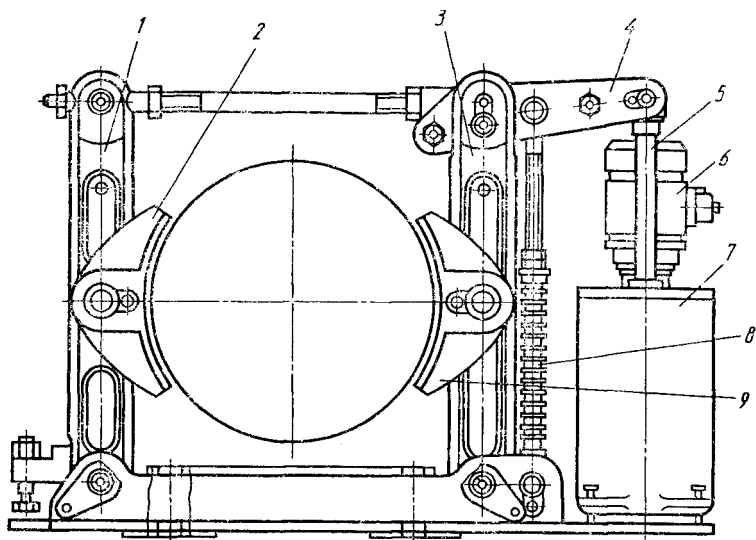


Рис. 14-2. Колодочный пружинный тормоз с электрогидротолкателем

торможение. Растормаживание происходит при подаче напряжения на электродвигатель 6, который приводит в движение масляный насос гидротолкателя 7.

При каждом ремонте оборудования, но не реже одного раза в год проводят проверку наличия цепи между заземляющим устройством и краном, а также замер сопротивления изоляции электропроводки, троллейных проводов и электроаппаратуры. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

В соответствии с «Правилами устройства и безопасности обслуживания лифтов» должны производиться ежедневные осмотры, внутримесячное техническое обслуживание (ТО-1), проводимое не реже одного раза в 15 дней; ежемесячное техническое обслуживание (ТО-2), проводимое не реже одного раза в месяц; полугодовое техническое обслуживание (ТО-3), проводимое не реже одного раза в шесть месяцев.

Ежедневный осмотр может быть поручен лифтеру, лифтеру-диспетчеру или электромеханику. При осмотре проверяется исправность освещения шахты, кабины, этажных площадок, световой и звуковой сигнализаций, автоматических и неавтоматических замков, дверных контактов.

При внутримесячном техническом обслуживании (ТО-1) проводят все работы, предусмотренные ежедневным осмотром; проверяют тормозное устройство; исправное действие неавтоматических и автоматических замков дверей шахты на всех этажах; исправное действие электрических контактов дверей шахты на всех этажах; осматривают ограждение шахты, освещение и сигнализацию. При проверке тормозного устройства осматривают тормозные колодки, обкладки тормозных колодок и их крепление, ход штока и сердеч-

ника якоря, крепление катушек тормозного магнита и проводов. При осмотре необходимо подтянуть крепление всех деталей, смазать шарниры, проверить работу тормоза при пробной пуске лифта по этажам в оба направления. Точность останова кабины для грузовых лифтов, загружаемых напольным транспортом, а также для больничных лифтов должна быть в пределах  $\pm 15$  мм, для всех остальных лифтов  $\pm 50$  мм.

При *ежемесячном техническом обслуживании (ТО-2)* проводят все работы, предусмотренные ТО-1, а также осматривают: панель управления; электродвигатель; концевые выключатели; этажные переключатели; индуктивные датчики; кнопочный аппарат; канатопроводящий шкив; канаты; направляющие кабин; подвеску кабины и протировес; купе кабины; натяжные устройства в приямке. При осмотре проверяют соответствие каждого элемента требованиям технической документации на осматриваемый лифт и выполняют необходимые измерения и проверки.

При *полугодовом техническом обслуживании (ТО-3)* проводят все работы, предусмотренные ТО-2, а также осматривают: вводное устройство (главный рубильник); редуктор; ограничитель скорости; ловители; буферные устройства; заземления.

Не реже одного раза в год проводят измерение сопротивления изоляции электродвигателей и аппаратуры и сопротивление защитного заземления корпусов электрооборудования. Сопротивление изоляции обмоток двигателя в холодном состоянии должно быть не менее 1 МОм, а при температуре 60 °С — 0,5 МОм. Сопротивление изоляции электроаппаратуры и проводки должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление защитного заземления корпусов электрооборудования должно быть не более 4 Ом.

### § 14-3. Техника безопасности

К работе по эксплуатации и ремонту грузоподъемных машин допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и допущенные к работе на высоте. Все вновь поступившие должны пройти вводный инструктаж по технике безопасности и инструктаж непосредственно на рабочем месте.

При осмотрах, регулировках и ремонтах электрооборудования на кранах и лифтах персонал должен пользоваться индивидуальными средствами защиты (диэлектрические перчатки, галоши, коврики, подставки и пр.). Инструмент должен применяться только с изолированными ручками. Переносные защитные средства должны храниться в специально отведенных местах.

Во время действия механизмов грузоподъемных машин обслуживающему персоналу запрещается производить на них какие-либо работы (смазку, крепление, регулировку и т. д.). Краны осматривают и ремонтируют в специально предусмотренных для этой цели ремонтных загонах. Крановые троллеи в пределах ремонтных загонов во время ремонта разъединяют с остальной частью троллеев и заземляют. Главный рубильник должен быть разъединен. Его включение без разрешения ответственного руководителя работ запрещается.

При осмотрах и ремонтах лифтов главный рубильник должен быть выключен и закрыт. Ремонт электрооборудования лифта должен производиться по наряду не менее чем двумя лицами. Единичный ремонт запрещается. При ремонте лифта кроме общих требований техники безопасности необходимо:

а) при производстве работ в шахте, приямке или блочном помещении отключить главный рубильник и закрыть машинное отделение;

- б) на каждой двери шахты лифта вывесить плакат «*Не трогать — ремонт*»;  
в) при измерении сопротивления изоляции производить полное всестороннее отключение измеряемой части установки. Перед началом измерения надо убедиться в отсутствии напряжения.

*Контрольные вопросы*

1. Каким требованиям должна соответствовать электропроводка к лифтам?
2. Что проверяют при осмотре электрооборудования кранов?
3. Как проверяют блокировки на кране?
4. К чему приводят слишком длинный и слишком короткий тормозные пути крана?

**Глава 15. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ И СВАРОЧНЫХ УСТАНОВОК**

**§ 15-1. Прием в эксплуатацию электрооборудования электротермических и сварочных установок**

*Электротермической установкой* называют комплекс оборудования, состоящий из электрической печи (или электротермического устройства) и электрического, механического и другого оборудования, обеспечивающего выполнение рабочего процесса в установке. К электротермическим установкам относят установки печей сопротивления (камерные, шахтные, колпаковые, плавильные для легкоплавких металлов и т. п.); установки дуговых печей (прямого и косвенного нагрева); индукционные электротермические установки (плавильные и нагревательные). *К сварочным установкам* относят установки для осуществления дуговой и контактной сварки.

*К комплектуемому электрооборудованию* для электротермических установок относят: печные трансформаторы и автотрансформаторы; преобразовательные агрегаты (для установок печей и электротермических устройств, в которых преобразование электрической энергии в тепловую происходит при частоте, отличной от 50 Гц); коммутационные и защитные аппараты; токопроводы — силовые электрические цепи, соединяющие печи (электротермические устройства) с другим электрооборудованием; автоматические регуляторы теплового режима; электроприводы вспомогательных механизмов; щиты, пульты и станции управления.

При сдаче в эксплуатацию электротермических установок проводят приемо-сдаточные испытания элементов электрооборудования в соответствии с требованием, предъявленным к ним. Приемку электротермических установок выполняют на основании результатов пробной эксплуатации и горячей испытаний, проводимых в соответствии с программой, входящей в техническую документацию электротермической установки.

При приемке электрооборудования приемочная комиссия подтверждает, что: оно снабжено необходимыми блокировками, обеспечивающими безопасное обслуживание электрооборудования и механизмов этих установок, а также правильную последовательность оперативных переключений; оборудовано устройствами защиты от недопустимых режимов работы; снабжено измерительными приборами для учета потребляемой электроэнергии, а также приборами, позволяющими осуществлять контроль за ходом техно-

логического процесса; канализация воды, охлаждающая оборудование, выполнена с учетом возможности контроля за состоянием охлаждающей системы; там, где имеются вибрация и толчки, пирометрические приборы смонтированы на амортизаторах; провода пирометрических цепей присоединены к приборам непосредственно, не через сборку зажимов и проложены отдельно от контрольных проводов и силовых цепей.

При приемке в эксплуатацию электросварочного оборудования приемочная комиссия обращает внимание на то, что: помещение, в котором располагается оборудование по электродуговой и плазменной сварке, при постоянных работах по площади и кубатуре удовлетворяет требованиям Строительных норм и правил (СНиП) и имеет вентиляцию; размещение сварочного оборудования, а также расположение его узлов и механизмов обеспечивают безопасный и свободный доступ к нему; источники сварочного тока присоединены к электрическим сетям напряжением не свыше 660 В; узлы сварочного оборудования, содержащие конденсаторы, имеют устройства для автоматической разрядки конденсаторов; сварочные установки защищены предохранителями или автоматами со стороны питающей сети; все электросварочные установки с источниками переменного и постоянного тока, предназначенные для сварки в особо опасных условиях (например, внутри металлических емкостей, в котлах, отсеках судов, при наружных работах), оснащены устройствами автоматического отключения напряжения холостого хода и ограничения его до напряжения 12 В с выдержкой времени не более 0,5 с.

### **§ 15-2. Техническое обслуживание электротермических установок**

Электротермические установки обслуживают высококвалифицированный электротехнический персонал, освоивший конструкции электротермических агрегатов и изучивший правила технической эксплуатации и техники безопасности, а также высококвалифицированные рабочие (плавильщики, термисты, сушильщики и др.), хорошо знающие технологический процесс на установках и обученные общим правилам техники безопасности и эксплуатации этих установок. Разделение обязанностей электротехнического персонала и персонала, обслуживающего электротехнологическое оборудование, точно определено утвержденным на каждом предприятии специальным положением или распоряжением.

При эксплуатации электротермических установок особое значение приобретают вопросы экономии электроэнергии и безопасности обслуживающего персонала. Экономия электроэнергии достигается путем проведения комплекса мероприятий. Важнейшее из них — точное соблюдение технологического процесса. Современные установки комплектуются автоматическими устройствами, обеспечивающими оптимальное ведение технологического процесса, сокращающими вспомогательное время.

Для электротермической установки опытным путем экономически и технически определяют целесообразную величину садки (единовременной нагрузки) применительно к принятому процессу плавки и выплавляемым маркам металла, а также процессам термообработки и обрабатываемым изделиям. Экономическая садка должна удовлетворять требованиям наилучшего использования емкости печи при минимальном удельном расходе энергии. Для методических (насадочных), толкательных, конвейерных и других печей опытным путем устанавливают экономичные скорости движения, количества изделий в печи и метод загрузки.

Наиболее экономичным с точки зрения расхода электроэнергии является круглосуточный режим работы электропечи. В этом случае отсутствуют потери теплоты на остывание печи, которые происходят при перерывах в работе. Цикл работы строят так, чтобы потери теплоты были наименьшими; эксплуатацию организуют так, чтобы ее проемы открывались по возможности реже. Одним из способов повышения экономичности электрических печей сопротивления является использование теплоты деталей, нагретых в печи. Для этого нагретые и холодные детали проходят через общую футерованную камеру, где происходит передача теплоты.

При эксплуатации дуговых электрических печей следует учитывать, что в ходе плавки в широком диапазоне необходимо изменять напряжение питания печи. На первом этапе плавки, когда происходит расплавление скрапа, в печь вводят максимальную мощность, чтобы ускорить этот процесс. Поэтому для увеличения мощности необходимо повышать напряжение. Продолжительность этапа расплавления составляет 50 % от общего времени плавки, при этом потребляется 60—80 % электроэнергии. На втором и третьем этапах плавки напряжение снижают, так как дуга горит спокойнее, температура в печи выше.

При возникновении производственной паузы необходимо переводить электротермическую установку на наиболее экономичный режим в зависимости от величины паузы (отключение установки, работа на холостом ходу, выключение части агрегатов и т. д.). Не допускается эксплуатация электротермических установок при отсутствии чертежей, принципиальных и монтажных электрических схем, а также технического паспорта с указанием основных конструктивных и эксплуатационных параметров установки (емкости, максимальной производительности, мощности, коэффициента мощности, рабочей температуры и др.).

В объем технического обслуживания входят: присоединение и отсоединение оборудования от сети; внешний осмотр деталей, доступных для осмотра при снятом кожухе и особенно изоляционных деталей; чистка оборудования от пыли, грязи и флюсов; чистка контактных поверхностей; проверка исправности изоляционных прокладок; подтяжка крепежных деталей и контактов; проверка стопорных механизмов, исправности кожухов, системы охлаждения, нагрева обмоток трансформаторов и наружных поверхностей электропечей; проверка работы переключателей, мел-



кий ремонт пускорегулирующих аппаратов; проверка заземляющих устройств; кроме того, для электродуговых печей — проверка качества торцовых и ниппельных соединений, а также плотность свертывания электродов; для индукционных и высокочастотных печей — осмотр конденсаторных батарей, электронных ламп и надежность экранирования и заземления отдельных блоков; проверка правильности работы контакторов с гашением дуги и отсутствие накипи на водоохлаждаемых поверхностях. Осмотры с заполнением карт осмотров проводятся по графику с периодичностью в зависимости от местных условий, но не реже одного раза в месяц.

В объем текущего ремонта входят операции технического обслуживания и следующие работы по отдельным видам установок:

*по печам сопротивления* — проверка состояния и частичная замена нагревательных элементов, уплотняющих устройств; крепление выводов нагревательных элементов; частичный ремонт футеровки и других видов теплоизоляции;

*по дуговым электропечам* — проверка качества торцов и ниппельных соединений электродов и их подтягивание; замена электродов при необходимости; ревизия и ремонт механизма подачи электродов; ревизия или ремонт печного трансформатора, запорной арматуры и трубопровода в пределах печи;

*по вакуумным печам* — ревизия и ремонт вакуумных насосов и вакуумной сети; смена вакуумного масла; чистка и промывка всех соединительных поверхностей; проверка печи на натекание; промывка системы охлаждения; ремонт запорной арматуры и трубопроводов в пределах печи; ремонт или замена подогревов паромасляных вакуум-насосов;

*по индукционным печам* — проверка состояния конденсаторной батареи и при необходимости замена отдельных конденсаторных банок; ревизия или ремонт трансформатора; чистка системы охлаждения индуктора; зачистка контактных поверхностей, переключателей винтов индуктора;

*по высокочастотным установкам* — проверка состояния генераторных ламп и колебательного контура; при необходимости замена отдельных ламп, конденсаторов и индукторов; ревизия или ремонт высокочастотных преобразователей; ремонт блокировочных устройств.

На всех установках проверяют работу щита управления, сопротивление изоляции всех электрических цепей и температурный режим печей.

В объем капитального ремонта входят операции текущего ремонта, а также полная разборка оборудования; замена изношенных деталей и узлов; проверка прочности изоляции в соответствии с паспортными данными или ГОСТами; при необходимости замена пускорегулирующей аппаратуры; окраска и испытание оборудования.

### § 15-3. Техническое обслуживание электросварочных установок

При обслуживании электросварочных установок следует выполнять требования правил ПТБ и ПТЭ, а также указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию, изложенные в инструкции завода-изготовителя. Присоединение и отсоединение от сети электросварочных установок, а также наблюдение за их исправным состоянием в процессе эксплуатации должны производиться электротехническим персоналом данного предприятия. Перед присоединением сварочной установки следует произвести внешний осмотр всей установки и убедиться в ее исправности. Особое внимание при этом надо обратить на состояние контактов и заземляющих проводников; исправность изоляции рабочих проводов; наличие и исправность защитных средств. При обнаружении каких-либо неисправностей сварочную установку включать запрещается.

При электросварочных работах необходимо пользоваться специальной одеждой (куртка, брюки, ботинки с глухим верхом, рукавицы, фартук с нагрудником и головной убор). Для защиты лица и глаз при работе необходимо применять щиток или маску. Стекла щитка или маски должны подбираться в соответствии с ГОСТом в зависимости от режима сварки.

Осмотры и чистку электросварочной установки и пусковой аппаратуры производят не реже одного раза в месяц. Сроки текущих и капитальных ремонтов сварочных установок определяют графиком ППР исходя из местных условий и режима эксплуатации, а также указаний завода-изготовителя.

В типовой объем работ при текущем ремонте *сварочных выпрямителей* и трансформаторов, а также других аппаратов дуговой сварки входят: проверка крепления кремниевых вентилях, выводных и соединительных контактов; мелкий ремонт изоляции трансформатора; ремонт переключателей напряжения, стопоров, винтового механизма, ходовой части, вентилятора, ограждений и кожуха; проверка работы воздушных реле; ремонт пускорегулирующих аппаратов; замена и ремонт электрододержателя, изоляционных прокладок; проверка состояния и частичная замена проводов питающей и сварочной цепи; ремонт их соединений и изоляции; ремонт и замена струбцин.

В типовой объем при текущем ремонте машин *контактной сварки* входят: очистка оборудования от грязи и флюса; наружный осмотр и выявление дефектов; проверка контактных поверхностей, электродов, промежуточных и токоведущих подушек, вылетов и шинделей, контактных соединений токопроводов; удаление следов электророзии с контактных соединений вторичных контуров; устранение нагрева в контактных соединениях первичной и вторичной коммутации; замена изношенных деталей токопровода и шинпровода; проверка отсутствия течи в системе водяного охлаждения; проверка исправности пневматических и пневмогид-

равлических систем и игнитронных прерывателей, а также их регулировка, а при необходимости замена изношенных деталей и узлов; проверка состояния пускорегулирующих аппаратов; устранение нагревов контактов; подтяжка контактных соединений; опробование машины в рабочем состоянии.

В объем капитального ремонта входят операции текущего ремонта; полная разборка оборудования; ремонт или замена катушек трансформатора, дросселя, балластного реостата, осциллятора; ремонт магнитопровода; замена изношенных деталей и узлов.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что проверяют при приемке в эксплуатацию электрооборудования термических установок?
2. Какие мероприятия проводят для экономии электроэнергии при эксплуатации электротермического оборудования?
3. Что входит в текущий ремонт электросварочного оборудования?

## Раздел III. РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

### Глава 16. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВНУТРИЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ И ИСТОЧНИКОВ ОСВЕЩЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

#### § 16-1. Возможные повреждения и ремонт электросетей

Ремонт внутрицеховых электросетей и источников освещения (мелкий) включает в себя следующие работы: замену неисправных изоляторов, штепсельных розеток и выключателей; закрепление провисшей электропроводки; восстановление электросети в местах ее обрыва; смену предохранителей, автоматов, пакетников и т. п.

В объем текущего ремонта входит: ремонт неисправных участков внутрицеховых сетей и источников освещения, в том числе замена электропроводки с поврежденной изоляцией, включая и в трубопроводах; перетяжка проводов, имеющих недопустимо большой провес; ремонт муфт и воронок с доливкой в случае необходимости эпоксида или мастики. Капитальный ремонт содержит полное переоборудование внутрицеховых электросетей и освещения, включая восстановление всех изношенных элементов и установок.

В проводках, осуществляемых в стальных трубах, частыми повреждениями изоляции проводов являются места подключения к оборудованию. Изоляция проводов может быть повреждена, если трубы не оконцованы защитной изоляционной втулкой или плохо закреплен выводной металлорукав. В обоих случаях за счет трения изоляции об острые части трубы и металлорукава изоляция может быть нарушена. Необходимо постоянно следить за сохранностью электрического контакта трубопровода, который создается наличием «царапающих» (заземляющих) гаек в местах ввода труб в коробки и «перемычками», которые привариваются к концам труб при их соединении или выводе к оборудованию.

Особые требования предъявляются к трубопроводам, проложенным во взрывоопасных зонах. Изоляционные (винилпластовые) трубы подвержены поломкам. Обнаруженные поврежденные трубы должны быть либо заменены, либо защищены муфтами, если участки повреждения незначительны. Недоброкачественные соединения и оконцевания проводов и кабелей опрессовкой, сваркой и пайкой могут вызвать повреждения электросетей.

По внутрицеховым сетям проверяют наличие пыли в коробках шинпроводов; состояние контактных соединений; фактические нагрузки и степень нагрева шин; окраску и прочность; крепления короба и состояние фарфоровых изоляторов (трещины, сколы). При сварных шинах проверяют наличие трещин в местах сварки.

По трубным прокладкам проверяют качество окраски труб; их оконцевание; качество соединения с протяжными и ответвительными коробками; фактические нагрузки; состояния мест присоединения, наконечников и контактных соединений.

У тросовых и струнных проводок проверяют надежность крепления тросов; состояние изоляционных деталей натяжных устройств; качество крепления проводов и присоединения светильников. Проверяют состояние заземляющих устройств, целостность заземляющих линий.

К числу ремонтных работ в действующем цехе относятся работы по устройству новых участков линий к новым токоприемникам; по замене устаревших проводок более прогрессивными на отдельных участках, которые выполняются ремонтным персоналом предприятия.

В тросовых и струнных проводках, где в качестве троса используют стальную оцинкованную или имеющую лакокрасочное покрытие горячекатаную проволоку  $\varnothing$  5—8 мм или тросы  $\varnothing$  3—6,5 мм, с целью недопущения их повреждения следят за стрелой провеса, которая составляет 100—250 мм, и ее выбирают по справочнику.

При осмотрах и ремонте обращают внимание и проверяют крепление анкеров и натяжных устройств, которые при ослаблении натяжения троса подтягивают, но не более, чем допускает установленная для данного пролета стрела провеса. Следует проверить и в случае необходимости заменить изоляционные детали, имеющие большие сколы и трещины. В случае появления коррозии у натяжных устройств тросов и струн восстанавливают антикоррозионное покрытие и смазку натяжных устройств; устраняют повреждения проводок; проверяют ответвления и вводы в светильники. Работы по ремонту тросовых и струнных проводов проводят одновременно с осмотром и ремонтом светильников.

В сетях наиболее распространенными повреждениями являются: обгорание наконечников, повреждения концевых и соединительных муфт, возникающие обычно после аварий в результате некачественного монтажа, дефектов изоляции кабеля или проникновения влаги.

Поврежденный оконцованный наконечник жил удаляют с помощью ножовки. Оконцевание жилы кабеля новым наконечником выполняют одним из следующих способов: электродуговой, газовой, термитной сваркой, способом пайки и опрессованием, теми же приемами, как при монтаже (см. гл. 2).

Электроосветительные установки после ремонта подвергают ряду проверок и испытаний. При этом проверяют сопротивление изоляции сети рабочего и аварийного освещения и исправность системы аварийного освещения, отключая рабочее освещение не реже одного раза в квартал; автомат аварийного переключения освещения — один раз в неделю в дневное время; изоляцию у стационарных трансформаторов на напряжение 12—36 В — один раз в год, а у переносных трансформаторов и ламп на 12—36 В — каждые три месяца; у переносных трансформаторов исправность кожуха, а также надежность заземления корпуса и обмотки низшего напряжения. Один раз в год проводят люксметром фотометрические измерения освещенности в основных производственных цехах, помещениях и основных рабочих местах с контролем соответствия

мощности ламп проекту. Результаты проверок и осмотров оформляют актами, утвержденными главным энергетиком предприятия.

В межремонтный период и после капитального ремонта согласно ПТЭ и ПТБ проводят следующие испытания и проверки: проверяют сопротивления изоляции проводок цеховых сетей и освещения мегаомметром на напряжение 1000 В и для кабелей 2500 В; проверяют специальным мегаомметром сопротивления заземляющих устройств (заземлителей); точными приборами измерения проверяют сопротивления петли фаза-ноль для наиболее удаленного участка; в случае необходимости специальными индукционными устройствами уточняют трассы и глубины залегания кабеля; специальной установкой определяют место и характер повреждения кабеля; специальными термоматериалами проверяют температуру нагрева жил проводов, кабелей, шин, шинопроводов в местах контактов; проверяют надежность соединения шин и оконцевания многожильных проводов опрессовкой.

#### **§ 16-2. Повреждения и ремонт шинопроводов и электрооборудования силовых и осветительных распределительных пунктов сетей и установок**

Современные шинопроводы — достаточно надежное устройство. Но в процессе эксплуатации необходимо периодически очищать их от пыли, которая может привести к снижению уровня изоляции, к повреждению и аварии. Пыль удаляют пылесосом или продуванием воздуха при открытых крышках. Необходимо следить за нагревом контактных соединений шинопроводов на силу тока 1000 А и более термоминдикатором, не допуская их перегрева.

Периодически проверяют болтовые соединения, не допуская чрезмерную затяжку, которая может привести к ухудшению контакта. Особое внимание обращают на втычные контакты ответвительных коробок штепсельных соединений, которые при необходимости зачищают тонким плоским напильником или наждачным полотном средней зернистости. Повреждение изоляции шинопровода могут быть обнаружены путем прожигания. Дефектный участок шинопровода ремонтируют либо на месте, либо всю секцию демонтируют и ремонт выполняют в ремонтном цехе.

Надежными мероприятиями, обеспечивающими долговечность работы электрооборудования и аппаратов силовых и осветительных пунктов, является техническое обслуживание и ремонт. Эти работы предусматривают: систематический осмотр аппаратов; очистку от пыли и грязи; осмотр и определение состояния распределительных шин, коммутационных проводов, контактных систем и степень их нагрева; состояние электромагнитных систем, изоляционных и других элементов.

В результате осмотра устанавливают степень повреждения и сроки ремонта. Как правило, все электрооборудование и аппаратура ремонтируются в ремонтных подразделениях, кроме крупно-

размерных щитов, пультов и сборок. Распределительные устройства (РУ) — щиты, пульты, щитки, пункты сборки — представляют собой, как правило, конструкции, состоящие из металлического каркаса, на котором установлена аппаратура, шины с изоляционными опорами и провода. Оболочку и дверку этих конструкций выполняют тоже из металла.

Ремонт РУ — это в основном ремонт конструкций без установленной аппаратуры, ремонт, который проводят в мастерских. Повреждения каркаса и ограждающих конструкций в виде вмятин выпрямляют киянкой. Замки, петли, рамы в случае сильного повреждения заменяют новыми. Нарушение окраски и наличие коррозии устраняют зачисткой и окраской. Изоляционные опоры (изоляторы) в случае повреждений (значительные сколы) заменяют новыми.

При ремонте обеспечивается надежное заземление всех металлических конструкций и присоединение нулевой шины к зажиму заземления и проверяется заземление брони и оболочки кабелей и металлических труб. Проверяют уплотнения дверок, вводы проводов и кабелей; тщательно очищают от пыли и восстанавливают окраску и надписи.

### § 16-3. Техника безопасности

Ремонтные работы внутрицеповых сетей и источников освещения выполняют, как правило, два человека при снятом напряжении с ремонтируемых участков. На рукоятках всех отключенных щитов, аппаратов, с помощью которых можно подать напряжение к месту работ, вывешивают предупредительные плакаты «*Не включать — работают люди*».

Во избежание опасности, которая может возникнуть для ремонтного персонала при ошибочной подаче напряжения в ремонтируемый участок электросети, все фазы на отключенной части заземляют и закорачивают. Перед тем как наложить заземление на ремонтируемый участок, проверяют отсутствие на нем напряжения до 1000 В с помощью указателя напряжения, снабженного неоновой лампой (перед применением указатель напряжения проверяют). При исправном состоянии указателя напряжения его лампочка при касании двух точек электросети, находящихся под напряжением, должна светиться.

Если требуется произвести ремонт в действующей электросети, с которой снять напряжение не представляется возможным, то работы проводят в диэлектрических перчатках, стоя на резиновых ковриках. При измерениях с помощью мегаомметра проверяемый участок предварительно отключают со всех сторон, откуда на него можно подать напряжение. Прикосновение к проверяемым элементам электросети опасно.

#### *Контрольные вопросы*

1. Перечислите причины и условия, вызывающие повреждения в электрических сетях.
2. Каковы характерные повреждения во внутрицеповых сетях?
3. Какие работы по ремонту сетей можно выполнять без снятия напряжения?
4. Как ремонтируют тросовую и струнную проводку?
5. Каковы виды ремонта шинопроводов?

## Глава 17. РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

### § 17-1. Ремонт кабелей со свинцовой оболочкой

Необходимость ремонта кабельных линий устанавливают на основе данных, полученных при их испытаниях и осмотрах. Особенность ремонта кабелей заключается в том, что ремонтируемые кабели после отключения могут иметь остаточный заряд; кроме того, они могут располагаться вблизи действующих кабелей, находящихся под напряжением. Все это требует от ремонтного персонала большого внимания не только к личной безопасности, но и к тому, чтобы не повредить рядом расположенные кабели. Поэтому ремонтные работы важно проводить в минимальные сроки, так как при этих работах на линиях приходится переходить на менее надежные временные схемы электроснабжения.

Ремонтные работы на кабелях часто связаны с раскопками кабельных траншей. Во избежание повреждений рядом расположенных исправных кабелей и других подземных коммуникаций надо иметь точные сведения об их расположении. После достижения глубины, равной 0,4 м, раскопку разрешается выполнять только лопатами. Применение отбойных молотков, ломов и других инструментов для рыхления грунта, начиная с указанной глубины, категорически запрещается. Если при земляных работах выявлены кабели или какие-либо другие подземные коммуникации, работы должны быть прекращены и об этом сообщается ответственному за выполнение работ. После вскрытия кабелей следует позаботиться о том, чтобы не допустить повреждения муфт и кабелей. Для этого открытые кабели и муфты укрепляют на прочной доске, которую подвешивают к перекинутым через траншею брусам.

Основные работы по ремонту кабелей сводятся к трем их видам: ремонт бронированного покрова; ремонт свинцовой оболочки; ремонт муфт и концевых заделок.

При наличии местных разрушений брони кабелей обнаруженный дефект устраняют следующим образом. В месте разрушения брони остаток ее снимают, обрез брони спаивают со свинцовой оболочкой кабеля, которую после этого покрывают антикоррозионным составом (лаки на битумной основе). У кабелей, проложенных в земле, броневой и джутовый покровы в процессе эксплуатации не ремонтируют. Если возникает надобность в ремонте свинцовой оболочки кабеля, то необходимо установить характер повреждения.

В том случае, когда возможность повреждения изоляции кабеля и проникновения влаги во внутрь кабеля исключается, ремонт сводится к восстановлению свинцовой оболочки в поврежденной ее части. Для этого из рольного свинца изготавливают свинцовую трубу соответствующих размеров (на 70—80 мм больше оголенной части кабеля). Оголенный участок кабеля помещают в приготовленную свинцовую трубу, шов которой запаивают. Отремонтированную часть свинцовой оболочки покрывают анти-



коррозионным составом. В том случае, когда возможность попадания влаги внутрь кабеля нельзя исключить, бумажную изоляцию кабеля в дефектном месте необходимо проверить на отсутствие влаги. Для этого бумажные ленты изоляции, снятые с кабеля в месте повреждения, погружают в парафин, нагретый до 150 °С. При наличии в изоляции влаги погружение изоляции в парафин сопровождается потрескиванием и выделением из нее пены. При установлении факта проникновения влаги под свинцовую оболочку кабеля поврежденный участок кабеля вырезают, вместо него вставляют отрезок соответствующей длины и монтируют две соединительные муфты по обоим концам вставленного отрезка. В большинстве случаев дефектную соединительную муфту вырезают и вместо нее монтируют новую.

### § 17-2. Ремонт кабелей с поливинилхлоридной оболочкой

**Ремонт повреждений поливинилхлоридного защитного шланга кабеля марки ААШа.** Ремонт повреждений защитного шланга (порывы, задиры, проколы и др.) проводят сваркой в струе горячего воздуха. При открытой прокладке кабеля ремонт шланга можно также производить подложкой не менее чем в два слоя липкой поливинилхлоридной лентой с 50 %-ным перекрытием и с промазкой поливинилхлоридным лаком № 1.

Ремонт поливинилхлоридного шланга сваркой в струе горячего воздуха (при температуре 170—200 °С) производят с применением сварочного пистолета с электрическим подогревом воздуха или газоздушным пистолетом. При этом сжатый воздух подводится давлением  $0,99 \cdot 10^4$ — $3,9 \cdot 10^4$  Па (0,1—0,4 кгс/см<sup>2</sup>) от компрессора, баллона со сжатым воздухом, переносимого с ручным насосом. В качестве присадки при сварке применяют поливинилхлоридный пруток диаметром 4—6 мм.

Перед сваркой места, подлежащие ремонту, очищают и обезжиривают бензином, кабельным ножом вырезают посторонние включения и срезают в местах повреждения шланга выступающие края и задиры.

Для ремонта проколов, небольших отверстий и раковин место повреждения в шланге и конец присадочного прутка прогревают 3—5 с струей горячего воздуха, затем струю отводят, пруток прижимают и приваривают в месте разогрева. После охлаждения, убедившись в прочности приварки прутка путем легкого его подергивания, пруток отрезают.

Для ремонта шланга, имеющего щели, прорези и вырезы, конец присадочного прутка приваривают к целому месту шланга на расстоянии 1—2 мм от места повреждения. Убедившись в прочности приварки, направляют струю воздуха так, чтобы одновременно прогревались нижняя часть присадочного прутка и обе стороны прорези или щели. Приварку прутка заканчивают на целом месте шланга на расстоянии 1—2 мм от повреждения. Затем ножом срезают выступающие поверхности прутка и выравнивают сваренный шов.

Разрывы шланга ремонтируют с применением поливинилхлоридных заплат или разрезных манжет. Заплату изготовляют из пластика так, чтобы края ее на 1,5—2 мм перекрывали место разрыва. Для ремонта шланга с применением разрезной манжеты отрезают кусок поливинилхлоридной трубки на 35—40 мм больше длины поврежденного места, трубку разрезают вдоль и надевают ее на кабель симметрично месту повреждения.

### **§ 17-3. Ремонт концевых заделок, соединительных и концевых муфт**

В кабельных сетях напряжением 1—10 кВ наибольшее применение получили концевые заделки в стальных воронках, эпоксидные и сухие. Если концевая заделка сухая и в стальной воронке имеются незначительные повреждения изоляции жил в результате пробоя между жилами или на корпус воронки, заделку можно ремонтировать, проверить изоляцию кабеля на влажность, выполнить новую изоляцию жил и восстановить заделку. Наличие влаги определяют в парафине указанным выше способом.

Концевые заделки внутренней установки из эпоксидного компаунда (например, типа КВЭ), ремонтируемые с применением эпоксиды для отливки корпуса, применяют для оконцевания силовых кабелей напряжением до 10 кВ внутри помещений всех видов во всех районах страны (в зависимости от исполнения заделки). Их применяют и для наружных установок при условии полной защиты заделки от непосредственного действия атмосферных осадков, запыления и солнечных лучей. Эти заделки обладают высокой герметичностью и химической стойкостью и могут устанавливаться в любом положении.

Заделки с эпоксидным корпусом конической формы применяют нескольких исполнений — с трубками из найритовой резины на жилах (для сухих помещений); с двухслойными трубками на жилах (нижний слой из поливинилхлорида, верхний — из полиэтилена); заделки такого исполнения применяют в сырых помещениях и в районах с тропическим и субтропическим климатом и др.

**Методы восстановления герметичности эпоксидных заделок.** Нарушение герметичности (течь пропитывающего состава) может возникнуть при несоблюдении размеров и указаний по обезжириванию, плохой обработке поверхности найритовых или двухслойных трубок и несоблюдении других технологических указаний. В ряде случаев герметичность эпоксидных заделок может быть восстановлена следующими способами:

а) при течи пропитывающего состава по кабелю в месте окончания корпуса заделки; при этом способе обезжиривают нижнюю часть заделки на участке 40—50 мм и на таком же расстоянии участок брони или оболочки (для небронированных кабелей). На обезжиренный участок корпуса заделки и примыкающий к нему участок кабеля шириной 15—20 мм накладывают двухслойную подмотку из смазанной эпоксидным компаундом хлопчатобумаж-

ной ленты. Устанавливается ремонтная форма, заливка которой производится тем же эпоксидным компаундом, из которого вы-  
полнен корпус заделки;

б) при нарушении герметичности в месте выхода жил из корпуса заделки; при этом способе обезжиривают верхнюю плоскую часть корпуса заделки и участки трубок или подмотки жил длиной 30 мм, примыкающие к корпусу; устанавливают съемную ремонтную форму, размеры которой выбирают в зависимости от типоразмера заделки. Форму заливают компаундом так же, как и в предыдущем случае. При нарушении герметичности на жилах обезжиривают дефектный участок трубки или подмотки жилы и накладывают ремонтную двухслойную подмотку из хлопчатобумажных лент с обильной обмазкой эпоксидным компаундом каждого витка подмотки;

в) при нарушении герметичности в месте примыкания трубки или подмотки к цилиндрической части наконечника; при этом способе обезжиривают поверхность бандажа и участок трубки или подмотки жилы длиной 30 мм. На обезжиренные участки накладывают двухслойную подмотку из хлопчатобумажных лент с обильной обмазкой компаундом каждого витка подмотки. Поверх подмотки накладывают плотный бандаж из крученого шпагата и также обмазывают эпоксидным компаундом.

**Ремонт соединительных и концевых муфт.** Повреждения в соединительных муфтах обычно возникают в результате электрического пробоя между жилами кабеля или в случае проникновения влаги под оболочку, повреждения поясной и жилой изоляции. В перечисленных случаях соединительная муфта подлежит, как правило, замене на новую. Дефектную муфту вырезают и вместо нее устанавливают новую за счет спрямления проложенного кабеля, который по своей длине должен иметь запас. Иногда, если муфта находится вблизи концевой заделки и нет запаса кабеля, целесообразно заменить этот участок кабеля на новый.

При незначительных повреждениях изоляции или оболочки кабеля, например при пробое изоляции жилы на корпус муфты, ремонт кабеля осуществляют без замены муфты при условии, что изоляция не увлажнена. Муфту демонтируют, вылавляют заливочную массу, при достаточной слабине жил их разводят, снимают заводскую изоляцию и восстанавливают ее, как при монтаже новых муфт. Для кабелей, проложенных открыто в цехах (каналах, полках), возможны повреждения брони, которую удаляют, а оставшуюся часть свинцовой оболочки покрывают антикоррозийным составом.

При ремонте соединительных муфт иногда можно избежать применения вставок кабеля, используя новые муфты большей длины (удлиненные), дающие возможность увеличить длину разделки кабеля. При выходе из строя концевой муфты ее вырезают или демонтируют, затем проверяют изоляцию кабеля на содержание влаги. Если влага не проникла внутрь кабеля, ограничиваются монтажом новой или ремонтом поврежденной муфты. Если уста-

новлено, что влага проникла внутрь кабеля, дефектный отрезок вырезают и монтируют новую концевую муфту. После ремонта кабельных линий их испытывают, как указано в гл. 3.

#### § 17-4. Техника безопасности

Важное условие обеспечения безопасности персонала при ремонте кабелей — выполнение работ по нарядам и не менее чем двумя лицами. Ремонтные работы разрешается проводить лишь после всестороннего отключения ремонтируемого кабеля, проверки на его концах отсутствия напряжения и вывешивания в местах, откуда может быть подано напряжение на ремонтируемый кабель, плакатов «*Не включать — работают люди*».

При ремонте кабельных линий приходится иногда разрезать кабель или вскрывать муфту. Такие работы можно выполнять, убедившись предварительно в том, что кабель не находится под напряжением. Проверку осуществляют специальным прокальвателем, снабженным изолирующей штангой. При ремонтных работах в кабельных сооружениях (коллекторах, туннелях, каналах и т. п.), а также при земляных работах по раскопке кабельных трасс в этих местах может возникнуть газ. Поэтому до начала работ, пользуясь специальным прибором, устанавливают отсутствие вредных для дыхания газов. При их обнаружении рабочие не допускаются к работам, пока газ не будет устранен.

Во избежание пожаров при ремонте кабелей разогревать кабельную массу и заправлять бензином паяльную лампу разрешается только вне кабельных сооружений. При испытаниях силовых кабелей постоянным током повышенного напряжения от кенотронной установки ее необходимо оградить и до начала испытаний удалить с места работ людей. Испытательную установку перед включением заземляют. Присоединять и испытывать кабели следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании. По окончании испытания кабелей постоянным током все жилы кабеля разряжают от накопленного электрического заряда через ограничительное сопротивление, предусмотренное для этой цели в кенотронных установках.

#### *Контрольные вопросы*

1. Перечислите основные виды работ по ремонту кабельных линий.
2. Каковы характерные повреждения в кабельных сетях?
3. Какие меры безопасности необходимо выполнять при кабельных работах?

### **Глава 18. РЕМОНТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПЯЖЕНИЕМ ДО 110 кВ**

#### **§ 18-1. Перетяжка и регулировка проводов и смена изоляторов**

Для устранения в воздушных линиях (ВЛ) дефектов, обнаруженных при осмотрах и проверках, устанавливают график отключения линий для проведения ремонта. В объем ремонтных работ входят следующие работы: замена или выправка деревянных опор; замена пасынков, стоек и траверс, а также повторное антисептирование деталей опор; заделка трещин в железобетонных опорах; замена или ремонт проводов; замена поврежденных изоляторов и деталей линейной арматуры.

Ремонтные работы на ВЛ обычно совмещают с капитальным ремонтом линий, чтобы сократить перерывы в нормальном электроснабжении промышленных предприятий. Исключения допускаются в тех случаях, когда ремонтные работы вызываются аварий-

ным состоянием линий. Внесение изменений в конструктивную часть ВЛ при ее ремонте может снизить надежность линии, поэтому такие изменения предварительно согласовывают с главным энергетиком предприятия.

При обрыве проводов на ВЛ способ ликвидации выбирают в зависимости от характера обрыва. Если имеется полный обрыв провода или обрыв значительной части из его жил, ликвидировать такой обрыв можно с помощью соединителя или вставки провода соответствующей длины, той же марки и сечения, что и ремонтируемый. В том случае, когда имеется обрыв небольшой части жил провода, в месте обрыва накладывают проволочный бандаж. Наложивший бандаж препятствует дальнейшему расплетению жил, но первоначальной прочности провода не восстанавливает.

Смена штыревого изолятора необходима в том случае, когда оказываются поврежденными его фарфор или глазурь. Неудовлетворительное состояние изоляции штыревого изолятора, замеренное мегаомметром, также служит основанием для его смены. Безопаснее всего заменять изолятор при отключенном положении ВЛ. Однако смену изолятора можно выполнить и на линии, находящейся под напряжением. Работы в этом случае производят с применением изолирующих приспособлений (лестниц, телескопических вышек и т. п.) и с соблюдением других мер предосторожности. Смена штыревого изолятора на опоре промежуточного типа начинается с освобождения старого изолятора от вязки, после чего его снимают со штыря. Навернув на освободившийся штырь новый изолятор, с помощью проволочной вязки к нему прикрепляют провод.

Для смены штыревого изолятора на опоре с анкерным или угловым креплением применяют полиспаг. При анкерном креплении для смены изолятора требуется предварительно с помощью полиспага стянуть провода, находящиеся в смежных пролетах. При угловом креплении провода с помощью полиспага подтягивают к траверсе или стойке опоры. После установления нового изолятора и закрепления на нем провода нагрузку с полиспага снимают. Смену изоляторов, входящих в гирлянды, на ВЛ при снятом напряжении удобно производить, находясь на траверсе или стойке опоры. С помощью каната, перекинутого через неподвижный блок, провод подтягивают к траверсе. Монтер, находящийся на траверсе или стойке, расцепляет гирлянду и заменяет дефектный изолятор новым.

## **§ 18-2. Ремонт металлических опор и заземляющих устройств**

Наиболее характерным дефектом металлических опор является их коррозия, появляющаяся под действием на металл воздуха и атмосферной влаги. Наличие в воздухе солей и кислот, характерное для атмосферы в зоне химических комбинатов, крупных промышленных предприятий и морских побережий, способствует

усилению коррозии металла опор. Развитие коррозии с течением времени приводит к уменьшению сечения металлических элементов конструкции опор, к снижению ее несущей способности и поломке опор.

Повреждение металлических опор может быть вызвано некачественным соединением элементов конструкции — дефектами сварки, клепки или сборки на болтах, поэтому требуется тщательный контроль на заводах качества изготовления опор. Дефектами сварки, приводящими к отрыву отдельных элементов от конструкции опор (особенно при температуре воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ), являющаяся недостаточная высота сварных швов и непровары. В практике происходит отрыв уголков решетки от поясов опоры, проушины с гирляндами изоляторов от траверс опор и других элементов, испытывающих значительные нагрузки.

При ремонте сварных конструкций и местных повреждений поясов опор заранее заготавливают отрезки металла того же профиля и той же марки стали необходимой длины, которыми и производят замену поврежденного участка после его удаления. Накладываемые отрезки соединяют с поясами или другими элементами опор сваркой и в редких случаях на болтах.

В тех случаях, когда отдельные элементы опоры (траверсы, оттяжки, тросостойки и т. п.) имеют значительные повреждения, их заменяют целиком. После ремонта тщательно осматривают сварные швы узлов и накладок: обнаруженные трещины и непровары заваривают. Заваренные места, накладки и другие вновь установленные детали очищают от окалины, коррозии, грязи и тщательно окрашивают. В процессе эксплуатации возможны механические повреждения железобетонных опор (трещины, сколы, разрушение защитного слоя бетона).

В зависимости от характера дефектов опор производят следующие виды ремонта: покрытие поверхности опор полимерцементными красками или растворами; заделку раковин и сколов полимерцементными растворами; усиление железобетонных опор бандажами. Для подъема на железобетонные опоры могут быть использованы телескопические вышки, гидроподъемники, специальные лазы и лестницы.

Необходимость ремонта контуров заземления опор выявляется путем измерений сопротивлений заземления опор и плановыми осмотрами трасс линий. Повреждения контуров обычно вызываются коррозией заземляющих устройств, а также при сельскохозяйственных работах на трассе линий, когда отдельные лучи заземлений обрывают или выпихивают. Ремонт заземлений должен, как правило, проводиться до начала следующего грозового сезона.

Снижение (улучшение) сопротивления заземления опор производится в плановом порядке при капитальном ремонте линии. Восстановление поврежденных лучевых заземлителей и снижение сопротивления заземления опор, установленных во влажных грунтах, достигается прокладкой дополнительных лучевых или забивкой глубинных заземлителей, количество и длина которых

обеспечивают необходимое значение сопротивления заземления опоры.

Особенностью ремонтных работ на ВЛ, находящихся под напряжением, является то, что ремонтный персонал может находиться на сравнительно близком расстоянии от проводов и деталей опор, прикосновение к которым опасно, а неправильные действия ремонтного персонала могут привести к аварийному отключению ремонтируемой линии с перерывом питания. В связи с этим перечень ремонтных работ на ВЛ, находящихся под напряжением, строго ограничен. Характер разрешенных работ должен быть таким, чтобы возможность прикосновения исполнителей к опасным частям ВЛ была минимальной. К таким работам относятся: замена и установка «пасынков»; выправка опор, не требующая укрепления оттяжек на высоте более 3 м от земли; подтяжка и укрепление лопнувших бандажей.

На ремонтные работы ВЛ электропередачи, находящихся под напряжением, необходимо получить специальное разрешение от уполномоченного на это лица.

### § 18-3. Техника безопасности

Все работы по ремонту опор и ВЛ проводятся в строгом соответствии с требованиями Правил техники безопасности при эксплуатации воздушных линий электропередачи.

Работы на линиях с точки зрения безопасности являются особо сложными по следующим причинам:

рабочее место (место производства работ) ежедневно, а иногда и несколько раз в день меняется;

оно всегда удалено от ремонтно-производственной базы (РПБ), что затрудняет контроль за соблюдением правил техники безопасности со стороны инженерно-технического персонала;

работы на линиях, находящихся под напряжением, связаны с соблюдением особой осторожности из-за непосредственной близости от работающих на опорах проводов и деталей, находящихся под напряжением;

при работах на отключенных линиях необходимы тщательная проверка отсутствия напряжения и установок заземлений на проводе линий;

работы, как правило, связаны с подъемом опоры на большую высоту; линейные бригады на месте работ самостоятельно осуществляют допуск к производству работ и определяют место работы. В связи с этим от каждого члена бригады требуется особое внимание и строгое выполнение всех требований техники безопасности.

Работы на ВЛ с точки зрения мер безопасности разбиваются на следующие три категории: работы на отключенных линиях вдали от других действующих линий; работы на отключенных линиях вблизи действующих линий напряжением свыше 1000 В; работы на линиях, находящихся под напряжением.

К работам под напряжением допускаются специально обученные и допущенные комиссией монтеры, имеющие высокую квалификацию. При выполнении сварочных работ на линиях необходимо внимательно следить за тем, чтобы искры не попали на хлопчатобумажный или капроновый канат монтерского пояса, с помощью которого монтер крепится к конструкции опоры.

Любая работа на действующей линии проводится при обязательном соблюдении следующих условий: на производство работы должно быть выдано распоряжение (нарядом или устно) лица, уполномоченного на это; работа на линиях должна проводиться не менее чем двумя лицами, за исключением работ без подъема на опору и с подъемом на опору не выше 3 м от уровня земли, не связанных с разборкой конструктивных элементов опоры; должны быть выполнены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.

Перед тем как приступить к ремонтным работам, необходимо на месте работ проверить указателем напряжения, укрепленным на изолирующей штанге, действительно ли линия обесточена и заземлить ее провода. Об отсутствии напряжения на ВЛ можно судить по тому, что приближение к проводам указателя напряжения не сопровождается появлением искр и треска. Убедившись в том, что с линии напряжение действительно снято, ее заземляют. Для заземления ВЛ заземляющий проводник присоединяют сначала к заземлителю и лишь после этого прикрепляют к воздушным проводам с помощью специальных зажимов. По окончании работ наложенный на провод заземлитель должен быть снят. Эта операция осуществляется в обратном порядке: сначала заземляющий проводник снимают с проводов линии и лишь после этого его отсоединяют от заземлителя.

При выполнении ремонтных работ на ВЛ следят за тем, чтобы под опорой, на которой ведут работы, не находились люди (на случай падения сверху какого-либо предмета). В случае приближения грозы на ремонтируемой линии могут возникнуть напряжения, представляющие угрозу для ремонтного персонала. В этом случае работы должны быть прекращены, а ремонтный персонал выведен за пределы трассы.

#### *Контрольные вопросы*

1. Как осуществляется перетяжка и регулировка натяжения проводов при обрывах и ослаблениях натяжения?
2. Какие ремонтные работы выполняются при эксплуатации воздушных линий до 110 кВ?
3. Какие виды ремонта выполняют при эксплуатации металлических опор и заземляющих устройств?
4. Расскажите об особенностях ремонтных работ ВЛ под напряжением.
5. Какие основные меры безопасности и охраны труда необходимо выполнять при ремонтных работах на воздушных линиях?

### **Глава 19. РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ**

#### **§ 19-1. Неисправность трансформаторов и организация их ремонта**

Текущий ремонт трансформаторов (без выемки сердечника) проводят одновременно с ремонтом остального оборудования — трансформаторных подстанций, но не реже одного раза в четыре года. Повреждение трансформаторов вызывают нарушение действующих правил эксплуатации, аварийные и неправильные режимы работы, старение изоляции обмоток, некачественная сборка их на заводе или при монтаже и ремонте. Опыт монтажа и ремонта трансформаторов показывает, что две трети повреждений возникает в результате неудовлетворительного ремонта, монтажа и эксплуатации и одна треть — вследствие заводских дефектов.

Основные повреждения падают на обмотки, отводы, выводы и переключающие устройства (около 84 %). Серьезная неисправность трансформаторов возникает при повреждении магнитопровода, вследствие нарушения изоляции между отдельными листами стали и стягивающими их болтами. В стыковых магнитопроводах причиной аварий бывает нарушение изоляции в стыках между ярмом и стержнями. Местные нагревы стали магнитопровода (рис. 19-1) возникают в результате разрушения или износа изоляции стяжных болтов, повреждения межлистовой изоляции и плохого контакта электрических соединений.



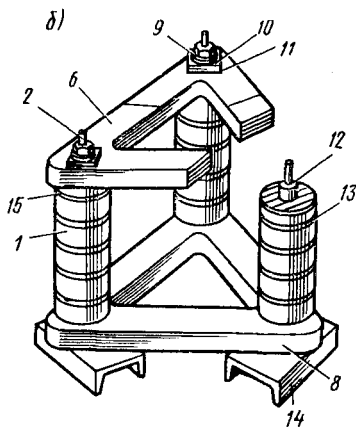
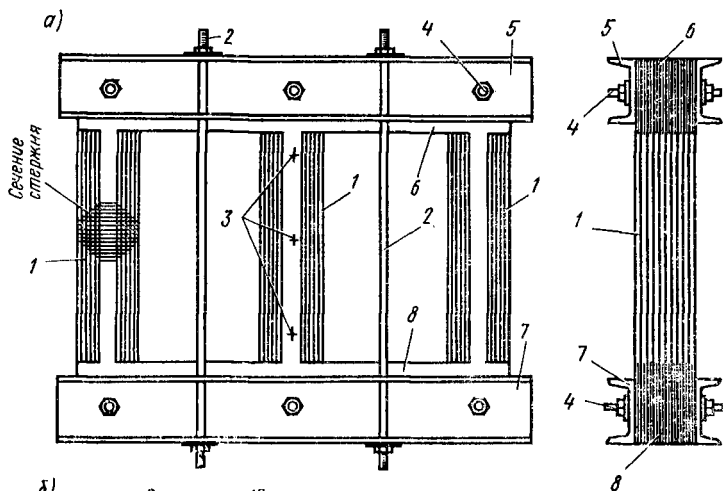


Рис. 19-1. Схематическое изображение магнитопровода:

*a* — плоский; *б* — пространственный; *1* — стержень; *2* — вертикальная стяжная шпилька; *3* — места прессующих шпилек стержня; *4* — стяжная шпилька; *5* — верхняя ярмовая балка; *6* — верхнее ярмо; *7* — нижняя ярмовая балка; *8* — нижнее ярмо; *9* — тарельчатая пружина; *10* — пластина; *11* — изолирующая прокладка; *12* — изоляционная трубка; *13* — опрессовочный нож; *14* — опорная балка; *15* — изоляционная подкладка

В последнее время начато изготовление трансформаторов мощностью 160—630 кВ · А с пространственным магнитопроводом, который отличается от плоского тем, что вертикальные оси стержней находятся в разных плоскостях (рис. 19-1). Стальные листы стержня у такого магнитопровода спрессованы бандажом из изоляционного материала или стальной лентой с прокладкой изоляционного материала вместо шпилек. Трансформаторы с такой конструкцией стержней иногда называют бесшпильчными.

Эти магнитопроводы имеют ряд преимуществ перед обычными плоскими: уменьшаются трудозатраты на изготовление магнитопровода и его сборку; повышается надежность стержня, так как прессующие шпильки отсутствуют; уменьшаются потери холостого хода, так как сечение стержня увеличивается за счет отсутствия отверстий под шпильки, в результате чего при равных мощностях трансформаторов для пространственного магнитопровода требуется меньше стали.

Пространственный магнитопровод изготавливают не шихтованным, а стыковым. Ядро и стержни соединяются в магнитную цепь стыковой. Во избежание замыкания листов стали ядра и стержней между ними предусмотрена изоляционная прокладка. Межвитковые замыкания в обмотках и секционные пробой и замыкания возникают при пикообразных нагрузках или коротком замыкании (к. з.) и в результате деформации секций от механических усилий при токах к. з. и при повреждении изоляции трансформатора от атмосферных перенапряжений. Обрывы заземления магнитопровода также приводят к повреждению трансформатора, поэтому все металлические части магнитопровода, кроме стяжных шпилек, соединяют с баком трансформатора, который надежно заземлен полоской луженой жести или латуни толщиной 0,5 и шириной 25—30 мм. Способы заземления магнитопровода зависят от его конструкции. Это соединение можно выполнить перемычкой между вертикальным прессующим болтом и болтом, крепящим крышку к баку трансформатора.

Обмотки — наиболее уязвимая часть трансформаторов, часто выходящая из строя. Наиболее распространенные повреждения обмотки — замыкания между витками и на корпус, межсекционные пробой, электродинамические разрушения, обрыв цепи. Эти повреждения происходят в результате естественного износа изоляции, нарушения ее механической прочности при сроке работы свыше 15 лет. Изоляция разрушается также при длительных перегрузках трансформатора, сопровождаемых перегревом обмоток выше допустимого значения.

При сквозных токах к. з. вследствие динамических усилий наблюдается деформация обмоток, сдвиг их в осевом направлении, как правило, механическое разрушение изоляции. Отгорание выводных концов, электродинамические усилия, небрежное соединение концов вызывают обрыв цепи обмоток, замыкание их на корпус или пробой с выходом трансформатора из строя.

Основные неисправности выводов трансформаторов — трещины, сколы и разрушения изоляторов в результате атмосферных перенапряжений, наброса металлических предметов или попадания животных на трансформатор, что приводит к межфазному короткому замыканию на выводах, а также загрязнения изоляторов, некачественная армировка и уплотнение, срыв резьбы стержня при неправильном навинчивании и затягивании гайки. Наиболее характерные повреждения выводов — течь масла между фланцем вывода и крышкой, в армировке или в месте выхода стержня.

Фланец представляет собой чугунную обойму и предназначен для крепления фарфорового вывода (изолятора) на крышке трансформатора; фарфоровый изолятор армирован во фланце армировочной замазкой, а фланец закрепляется на крышке трансформатора болтами. Между фланцем и крышкой плотно уложена резиновая прокладка, которую следует осмотреть при ремонте.

Наиболее частые повреждения переключателей — оплавление или полное выгорание контактных поверхностей, вызываемое тер-

мическим действием токов к. з. при недостаточном давлении (нажатии) подвижных контактов на неподвижные или неполном их соприкосновении между собой.

Для подбора материалов, инструмента и приспособлений, необходимых для ремонта, предварительно в результате испытаний выясняют характер и виды неисправностей в работе трансформатора и устанавливают объем ремонтных работ и комплектность деталей трансформатора. Сведения о неисправностях (дефектации) трансформатора и о том, что именно подлежит исправлению, получают в первую очередь от персонала, ведущего эксплуатацию. Тщательно осмотрев трансформатор, составляют дефектную ведомость, в которой указывают объем ремонтных работ, перечисляют требующиеся материалы и инструменты. Одновременно с этим проверяют количество и качество масла, находящегося в трансформаторе, и состояние изоляции его обмоток. Если в результате такого обследования установлено, что внутренних неисправностей в трансформаторе нет и масло в нем годное для дальнейшей эксплуатации, то остальные видимые дефекты устраняют без выемки из бака сердечника с обмотками.

## § 19-2. Разборка трансформаторов и ремонт обмоток и магнитопровода

**Разборка трансформатора.** В зависимости от конструктивных особенностей трансформаторов определяют способы подъема их выемной части и выбор такелажных средств — тросов, строп, стальных валов, блоков и других устройств, имея в виду, что у отечественных трансформаторов мощностью 20—63 и 100—5600 кВ · А напряжением 10—35 кВ включительно активная часть магнитопровода связана с крышкой. Ее поднимают вместе с крышкой за два или четыре подъемных кольца (рыма), навинченных на концах шпилек. Подъем активной части магнитопровода начинают после слива масла из бака трансформатора. Слив происходит при открытом отверстии в крышке.

После того как уровень масла понизится ниже рамы трансформатора, отвинчивают болты крышки и вместе с гайками и шайбами складывают их в отдельную тару. Если крышка не связана с активной частью магнитопровода, то, открыв на ней люки, отсоединяют отводы от контактных зажимов вводов и шарнирную часть привода переключателя. Если крышка связана с активной частью, отсоединения переключателя не требуется. У трансформаторов с устройством для регулировки напряжения под нагрузкой перед подъемом активной части снимают горизонтальный вал, соединяющий переключатель с контактами, отключают отводы от контактов, предварительно промаркировав их.

Подъем активной части выполняют осторожно, наблюдая за подкрышечным уплотнением, чтобы не порвать его. После подъема на высоту 150—200 мм проверяют правильность строповки, надежность тормозов и снова опускают активную часть на дно бака

(затем расставляют людей по своим рабочим местам) и поднимают ее над баком на 200—300 мм. В таком положении активную часть оставляют на несколько минут для того, чтобы масло стекло полностью в поставленный противень. Затем активную часть перемещают в сторону от бака и опускают на надежный настил из шпал или досок или, отодвинув бак в сторону, опускают ее на место бака. При проверке креплений активной части ослабленные гайки после их подтяжки раскернивают, а ослабленные деревянные шпильки обматывают нитками.

Чтобы избежать появления влаги (росы) на сердечнике трансформатора, выемную часть разрешается поднимать только при условии, когда температура ее превышает температуру окружающего воздуха не более чем на 10 °С. Чтобы не повредить обмотки, подъем рекомендуется проводить вдвоем, удерживая стропы и крышку трансформатора так, чтобы магнитопровод с обмотками не задевал за края бака.

**Ремонт обмоток.** Подняв выемную часть трансформатора, осматривают ее. При этом проверяют чистоту обмоток, обращая особое внимание на клапаны между обмотками и магнитопроводом. Твердые парафиновые отложения очищают плотными тряпками или мягкой кистью, смоченными в бензине. Почерневшие или подгоревшие места катушек свидетельствуют о межвитковом замыкании обмоток или пробое на корпус; при этом выявляют на ощупь места ослабления витков. В этих местах, как правило, поврежденной оказывается изоляция обмотки, обуглившаяся в результате межвитковых замыканий, не видимых с внешней стороны. Внешним осмотром проверяют состояние изоляции, отсутствие деформации и смещений обмоток или его витков, наличие изоляционных прокладок, клиньев, распорок.

Ослабление витков обмотки устраняют путем ее подпрессовки. (рис. 19-2). Мегаомметром 1000 В проверяют отсутствие обрывов и качество изоляции обмоток низкого и высокого напряжений на корпус и между обмотками; проверяют также надежность контактов концов обмотки с вводами, места паек, изоляцию шпилек и бандажей бесшпильчатых трансформаторов, стягивающих сталь магнитопровода.

При внешнем осмотре обращают внимание на состояние переключателей, бака, расширителя, соединительных трубопроводов и уплотнений, изоляторов выводов и их армировку, при этом все обнаруженные дефекты фиксируют в дефектационной карте стандартного образца. Имеются трансформаторы, поступающие в ремонт с устаревшими маслоуказателями, с расширителем без съемного дна, с ртутными термометрами и активной частью, которая закреплена на крышке с поврежденными воздухоосушителем и без термосифонного фильтра. Такие трансформаторы I и II габаритов мощностью до 630 кВ · А включительно при их общем удовлетворительном состоянии целесообразно модернизировать.

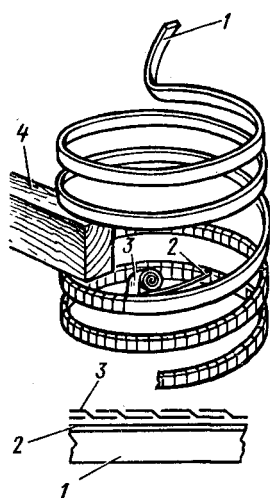
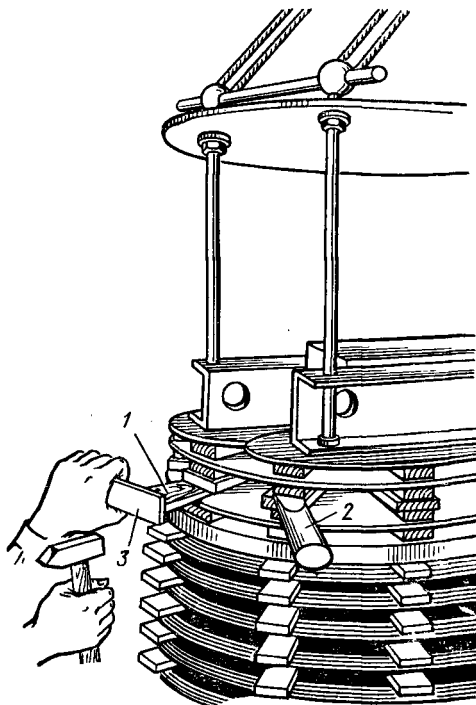
Ремонт обмоток в большинстве случаев сводится к замене поврежденных изоляции проводов при замене клиньев, прокладок

Рис. 19-2. Расклиновка обмоток:

1 — дополнительный деревянный клин; 2 — вспомогательный клин; 3 — деревянный брусок

и других изолирующих обмотку элементов. Для проводов прямоугольного профиля большого сечения обычно ограничиваются заменой поврежденной витковой изоляции. Переизолировка провода небольших однослойных катушек, как правило, выполняется вручную.

Поврежденные многослойные и другие более сложные по конструкции обмотки, выполненные из проводов мелких сечений, в большинстве случаев заменяют новыми. Поврежденную изоляцию удаляют обжигом. Чтобы витки обмотки во время обжига не разошлись, на обмотку в осевом направлении накладывают несколько проволочных бандажей, которые после обжига аккуратно снимают. Медный провод освобождают от остатков обгоревшей изоляции. Витки обмотки (рис. 19-3) изолируют двумя слоями бумажной или тафтяной ленты.



Для усиления изоляции между смежными витками по соприкасающейся поверхности под слой ленты укладывают полоску из электрокартона толщиной 0,5 мм и шириной, равной ширине соприкасающейся поверхности витка. Изолированную катушку выравнивают с торца клиновидным пояском, выполненным из электрокартона, который прикрепляют к витку бандажом из киперной или тафтяной ленты. Катушке придают нужный размер по диаметру и высоте путем обтяжки ее на шаблоне. Чтобы не допустить ослабления и распускания витков, их закрепляют в

Рис. 19-3. Ручная изолировка витков:

1 — провод обмотки; 2 — электрокартонная полоска; 3 — тафтяная лента; 4 — деревянный клин

нескольких местах равномерно по окружности восьмерочными бандажами из киперной ленты (рис. 19-4). Затем обмотку высушивают, пропитывают соответствующими лаками и запекают.

Для изготовления новых обмоток применяют медные или алюминиевые провода; намотку производят на шаблоны (рис. 19-5) из сухого дерева твердых пород. Цилиндрическое тело шаблона 4 состоит из двух срезанных наискось половин, обеспечивающих легкий разъем шаблона. Диаметр его равен внутреннему диаметру катушки, длина — высоте катушки. Высота катушки фиксируется обоймами (щеками) 3, надвигаемыми на тело шаблона и закрепленными на нем в определенных местах. Широко применяются также различные типы универсальных шаблонов, устанавливаемых на обмоточных станках. Конструкция шаблона зависит от конструкций и типа обмоток.

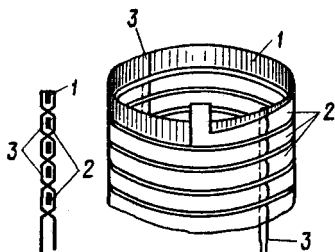


Рис. 19-4. Закрепление витков и уравнительного клиновидного пояса:

1 — уравнительный пояс; 2 — витки; 3 — восьмерочный бандаж из киперной ленты

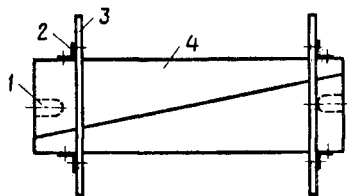


Рис. 19-5. Схема деревянного шаблона:

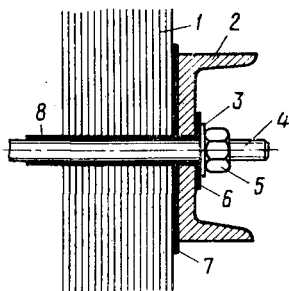
1 — центровое отверстие; 2 — скоба крепления обоймы к телу; 3 — обойма; 4 — тело шаблона

**Ремонт магнитопровода.** Магнитопровод разбирают в следующем порядке: распаивают соединения катушек и выводов; снимают болты (шпильки), стягивающие верхнее ярмо; расшпихтовывают его; записывают порядок укладки отдельных листов; обвязывают концы стержней сердечника миткалевой лентой, чтобы они не расходились веером и не портили изоляции катушек; снимают катушки. Затем, если это требуется для ремонта, следует расшпихтовать весь магнитопровод. Переизолирование листов стали начинают с удаления старого слоя изоляции одним из следующих способов: ручными или вращающимися стальными щетками, кипячением листов, покрытых бумажной изоляцией, в воде с последующей очисткой их от размякшей бумаги и клейстера, а также тщательной сушкой очищенных листов стали, обжигом листов с равномерным нагревом при температуре 250—300 °С в течение 2—3 мин в среде с ограниченным доступом воздуха.

На очищенные стальные листы наклеивают бумагу (глянцевой стороной, толщина бумаги 0,03 мм), которая служит изоляцией для листов. Оклеенные листы стали быстро просушивают, чтобы не

Рис. 19-6. Схема изоляции стяжной шпильки:

1 — ярмо; 2 — ярмовая балка; 3 — стальная шайба; 4 — шпилька; 5 — гайка; 6 — электрокартонная шайба; 7 — изоляционная прокладка; 8 — изоляционная трубка



было ржавчины под слоем бумаги и с неоклеенной стороны. Лучший способ изолирования листов — лакирование их маслястойкими изоляционными лаками (например, № 202 и 302). Лаковая пленка обладает высокой механической прочностью, нагревостойкостью и значительным электрическим сопротивлением. Бакелитовым лаком или шеллаком не следует пользоваться, так как из-за их хрупкости эта изоляция разрушается и выкрашивается при работе трансформатора.

При изготовлении новых листов стали для магнитопровода руководствуются следующим: раскрой стали выполняют так, чтобы длинная сторона изготавливаемого листа была обязательно вдоль проката, так как совпадение направления магнитного потока с направлением проката снижает сопротивление магнитопровода; листы не должны иметь заусенцев — это достигается либо штамповкой листов, либо последующим снятием заусенцев, которые образуются при вырезании листов ножницами. Отверстия в стали для стяжных шпилек выполняют только штампом, сверление не допускается.

Перед нанесением изолирующего слоя из лака листы нарезают на определенные размеры, штампуют в них отверстия, которые тщательно зачищают. При изолировании бумагой отверстия штампуют после наклейки бумаги со стороны, на которой она наклеена, с последующим удалением заусенцев, образовавшихся на неоклеенной стороне. Шпилька и бандаж имеют надежную изоляцию от листов стали магнитопровода и ярмовых балок, для чего применяют бакелитовые или бумажно-бакелитовые трубки заводского изготовления (рис. 19-6), испытание изоляции стяжных шпилек магнитопровода производят по схеме, показанной на рис. 19-7.

Перед нанесением изолирующего слоя из лака листы нарезают на определенные размеры, штампуют в них отверстия, которые тщательно зачищают. При изолировании бумагой отверстия штампуют после наклейки бумаги со стороны, на которой она наклеена, с последующим удалением заусенцев, образовавшихся на неоклеенной стороне. Шпилька и бандаж имеют надежную изоляцию от листов стали магнитопровода и ярмовых балок, для чего применяют бакелитовые или бумажно-бакелитовые трубки заводского изготовления (рис. 19-6), испытание изоляции стяжных шпилек магнитопровода производят по схеме, показанной на рис. 19-7.

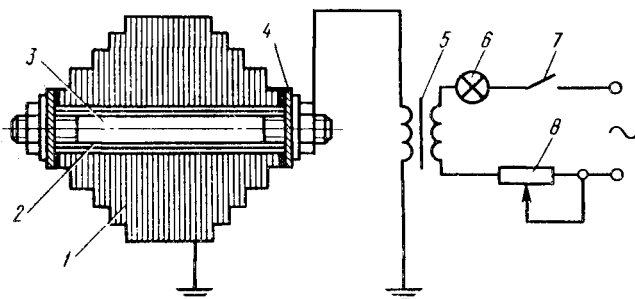


Рис. 19-7. Схема испытания изоляции стяжных шпилек магнитопровода:

1 — активная сталь магнитопровода; 2 — бумажно-бакелитовая изоляционная трубка; 3 — стяжная шпилька; 4 — стальная накладка или ярмовая балка; 5 — испытательный трансформатор; 6 — лампа накаливания; 7 — выключатель; 8 — реостат

### § 19-3. Ремонт вводов, бака, расширителя, выхлопной трубы, крышки, маслоуказателя и переключателя напряжений

**Ремонт вводов.** Основные неисправности вводов (рис. 19-8): трещины и сколы изоляторов, разрушение изоляторов, некачественная армировка и уплотнение, срыв резьбы стержня при неправильном навинчивании и затягивании гайки. При значительных сколах и трещинах ввод заменяется. В старых, но еще пригодных для работы типах трансформаторов возможны несъемные вводы, которые целесообразно выполнить съемными, для чего делают переходной фланец, который приваривают к крышке маслоуплотненным швом. Армирование фарфоровых изоляторов начинают с изготовления стержня из медных или латунных прутков соответствующего диаметра и длины; на концах стержня нарезают резьбу по размерам заменяемого. На стержень навинчивают стальной или бронзовый колпак и закрепляют его контргайкой.

С внутренней стороны колпак со стержнем скрепляют газосваркой. Сварку производят латуною с применением в качестве флюса буры, предварительно прокаленной в течение 3 ч при 700 °С.

Качество сварки должно быть проверено. После сварки стержень лудят гальваническим способом и подвергают вторичному испытанию. Стержень с приваренным к нему колпаком закрепляют в тисках, как показано на рис. 19-9. Для предохранения резьбы обертывают лентой из мягкого ме-

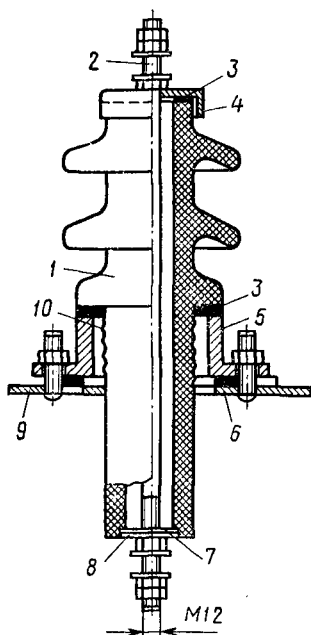


Рис. 19-8. Схема армированного ввода напряжением 6—10 кВ наружной установки:

1 — фарфоровый изолятор; 2 — токоведущий стержень; 3 — резиновая шайба; 4 — колпак; 5 — фланец; 6 — прокладка; 7 — картонная шайба; 8 — стальная шайба; 9 — крышка; 10 — армировочная масса

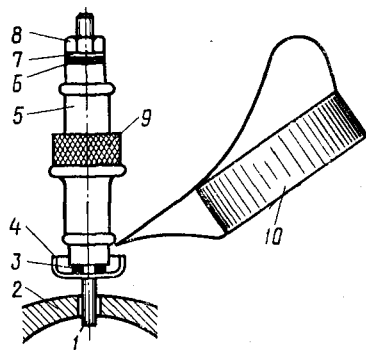


Рис. 19-9. Способ армирования ввода напряжением 6—10 кВ внутренней установки:

1 — стержень; 2 — тиски; 3 — резиновая шайба; 4 — колпак; 5 — изолятор; 6 — картонная шайба; 7 — стальная шайба; 8 — гайка; 9 — армируемая поверхность; 10 — заливочный ковш



талла. Внутри колпака вкладывают резиновую прокладку. Фарфоровый изолятор верхней частью вставляют в колпак и сверху на стержень надевают электрокартонную и металлическую шайбы, которые до отказа затягивают контргайкой.

Колпак заливают замазкой, которую после застывания покрывают нитроэмалью 624С. В качестве армировочных цементирующих замазок для изоляторов напряжением до 10 кВ рекомендуется глетоглицериновая или портландцементная замазка. Стенд для испытания изоляторов дан на рис. 19-10.

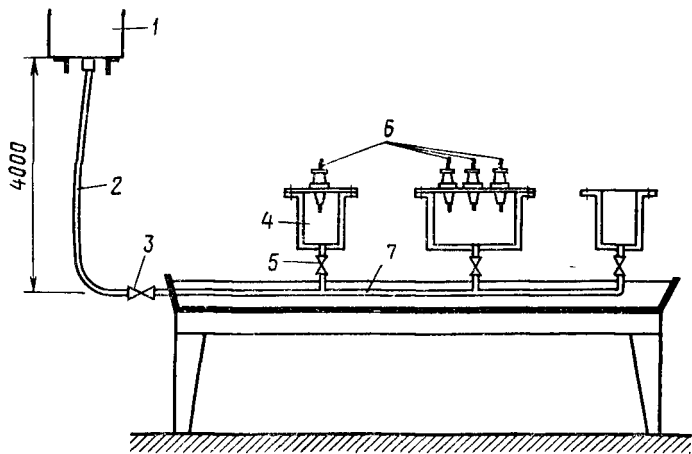


Рис. 19-10. Стенд для испытания изоляторов:

- 1 — напорный масляный бак; 2 — шланг; 3 — общий пробковый кран;  
4 — металлический бак; 5 — кран; 6 — испытываемые изоляторы; 7 —  
маслонаполненный трубопровод

**Ремонт бака.** Сравнительно распространенными случаями повреждений бака, вызывающими его течь, являются нарушение сварных швов и недостаточная плотность прокладки между баком и крышкой. Пустой бак очищают от осадков грязи, промывают теплым маслом; проверяют исправность работы спускного крана.

Места течи заваривают газосваркой, предварительно тщательно очистив место сварки от масла и краски и просушив его постепенным и равномерным нагревом паяльной лампой. При сварочных работах соблюдают правила пожарной безопасности во избежание взрыва паров и воспламенения остатков масла в баке.

По окончании сварки бак в течение 1—2 ч испытывают избыточным давлением столба масла высотой 1,5 м над уровнем масла в расширителе. На время испытания все отверстия, связанные с баком и расширителем, герметически закрывают.

**Ремонт расширителя.** Ремонт расширителя (рис. 19-11) обычно сводится к промывке его маслом. Но иногда необходимо очищать внутреннюю поверхность расширителя от ржавчины, которую можно обнаружить при разборке трансформатора в виде большого скопления крупинок на плоскости верхнего ярма, под отверстием

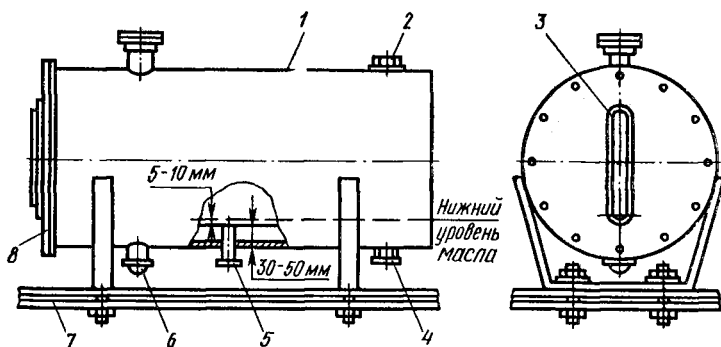


Рис. 19-11. Схема расширителя:

1 — корпус; 2 — пробка для доливки масла; 3 — маслоуказатель; 4 — отстойник с пробкой; 5 — патрубок к баку трансформатора; 6 — воздухоосушитель; 7 — крышка трансформатора; 8 — съемное дно

патрубка расширителя или чаще под отверстием выхлопной трубы при постукивании деревянным молотком по его поверхности (после полного слива из него масла).

В трансформаторах старой конструкции расширитель не имеет съемного дна. При ремонте трансформатора рекомендуется сплошное дно заменить съемным. Работа выполняется следующим образом: старое сварное дно вырезают газовой горелкой (рис. 19-12). Далее к цилиндру 7 расширителя автогеном приваривают стальной фланец 6, в который винчивают и приваривают шпильки 5 для крепления съемного дна 4 гайками 3. Дно уплотняют резиновой прокладкой 2, удерживаемой стальным кольцом 1.

При ремонте расширителя проверяют патрубок трубы, соединяющей расширитель с баком. Если патрубок выступает внутрь расширителя менее чем на 30—50 мм, необходимо его переварить, так как при меньшей высоте через патрубок в бак могут попадать осадки, скапливающиеся в расширителе. При этом нижний уровень масла должен быть отмечен, как показано на рис. 19-11.

При очередном осмотре расширителя ржавчину очищают стальной щеткой. Небольшое количество ржавчины удаляют керосином. После очистки от ржавчины внутреннюю поверхность расширителя протирают чистой тряпкой, смоченной бензином, и после полного высыхания покрывают нитроэмалью 624С или ГФ-92-ХК с последующей тщательной просушкой, при этом следят, чтобы эмаль не закупорила отверстия расширителя, особенно отверстия маслоуказателя. После покрытия эмалью расширитель высушивают в печи в течение 6—12 ч при температуре 105—110 °С.

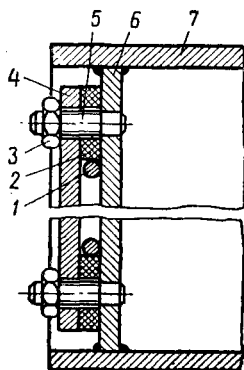


Рис. 19-12. Конструкция съемного дна

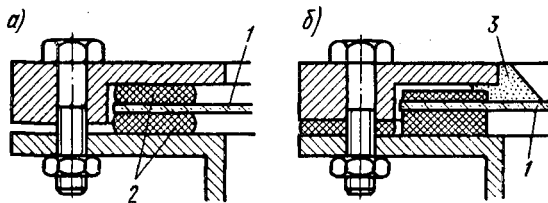


Рис. 19-13. Различные способы крепления стекла диафрагмы в предохранительной трубе:

1 — стекло; 2 — резина (кольцо); 3 — замазка, покрытая бакелитовым лаком

**Ремонт выхлопной трубы.** Ремонт трубы сводится к очистке внутренней поверхности «дыхательной пробки» и верхней части колена от ржавчины с последующим покрытием лаком, замене стекла диафрагмы. Способ очистки тот же, что и при ремонте расширителя. Во избежание повреждения стекла 1 диафрагмы при замене новым уплотняющую прокладку 2 равномерно затягивают болтами двумя способами, показанными на рис. 19-13, а, б, и покрывают замазкой 3.

**Ремонт крышки.** Крышки трансформаторов, не имеющих расширителей с внутренней стороны, часто покрываются ржавчиной, которая, осыпаясь, портит качество масла. После тщательной очистки крышку покрывают антиконденсационным составом, состоящим из 100 мас. ч. эмали ГФ-92-ХК и 10 мас. ч. пробковой крошки, которые хорошо перемешивают.

В качестве растворителя применяют бензол или толуол. Работа с эмалью требует строгого соблюдения правил пожарной безопасности и охраны труда. Ее хранят в герметически закупоренной таре. Полученный состав два раза кистью наносят на горизонтально лежащую крышку. После 20 мин выдержки на воздухе крышку просушивают в сушильном шкафу в течение 30 мин или на открытом воздухе в течение 4—6 ч.

**Ремонт маслоуказателя.** Для восстановления работы трубчатого маслоуказателя достаточно очистить каналы в его арматуре, очистить или заменить стеклянную трубку, чтобы новая трубка точно подходила по длине и имела ровные торцовые поверхности. Не следует обжимать трубку уплотняющей прокладкой, чтобы не разбить ее. При установке стеклянной трубки в арматуру следят за тем, чтобы в нижней ее части была вставлена трубка, обеспечивающая свободный доступ масла в трубку указателя. Отсутствие этой трубки может привести к тому, что резиновая прокладка, уплотняющая торец стеклянной трубки указателя, разбухнет и закроет доступ масла в трубку; резать трубку можно гранью небольшого корундового диска. Старые типы маслоуказателя, сообщающиеся с расширителем только снизу, а в верхней части имеющие «дыхательное» отверстие, заменяют на новый пластинчатый тип, который можно изготовить по чертежам завода-изготовителя. Общий вид устройства маслоуказателя показан на рис. 19-14.

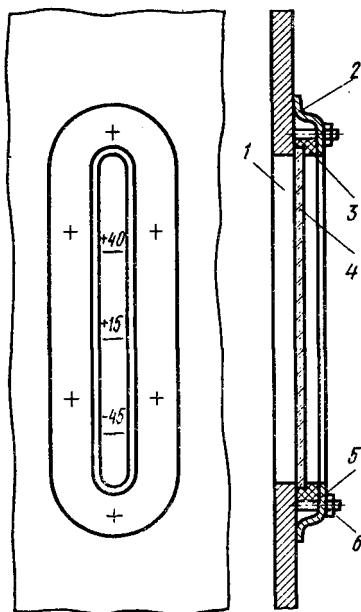


Рис. 19-14. Схема плоского мас-лоуказателя:

1 — продольное окно в дне расширителя; 2 — плоский овальный фланец; 3 — резиновая прокладка; 4 — стекло; 5 — шпилька; 6 — гайка

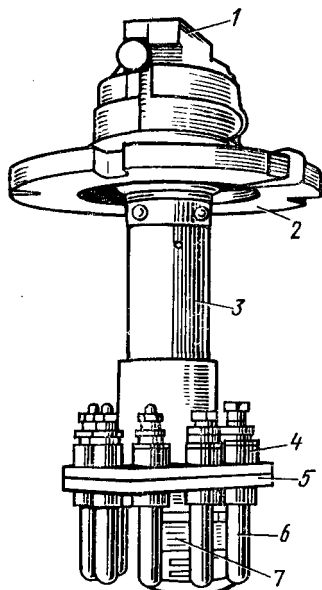


Рис. 19-15. Переключатель ТПСУ-9-120/11:

1 — колпак переключателя; 2 — алюминиевая крышка сальника; 3 — бумажно-бакелитовый цилиндр; 4 — бумажно-бакелитовые втулки; 5 — гетинаксовый диск; 6 — латунные никелированные цилиндрические контактные стержни; 7 — сегментные латунные контакты

**Ремонт переключателя напряжений.** Наиболее распространены следующие типы: переключатель ТПСУ-9-120/6, устанавливаемый в трансформаторах мощностью до 100 кВ · А, напряжением до 6 кВ, без расширителя; переключатель размещается под крышкой, в которой есть отверстие для рукоятки, и закрепляется на верхних ярмовых балках выемной части трансформатора, отверстие закрывается чугуном колпаком; переключатели ТПСУ-9-120/11 и ТПСУ-9-120/12, применяемые в трансформаторах напряжением до 10кВ и мощностью до 1000 кВ · А включительно; переключатели устанавливают над крышкой трансформатора (рис. 19-15).

В конструкциях трансформаторов напряжением 10 кВ применяется переключатель типа ПТО-10/63-65 (рис. 19-16).

Частыми повреждениями переключателей являются оплавления и подгорания контактных поверхностей. При значительных оплавлениях и полном выгорании контактов переключатель заменяют новым. Для устранения повреждений пружины переключателя проверяют путем переключения его по всем ступеням. Исправная пружина для переключателей ТПСУ, ПТО обеспечивает усилие контактов в рабочем положении, равное 50—60 Н.

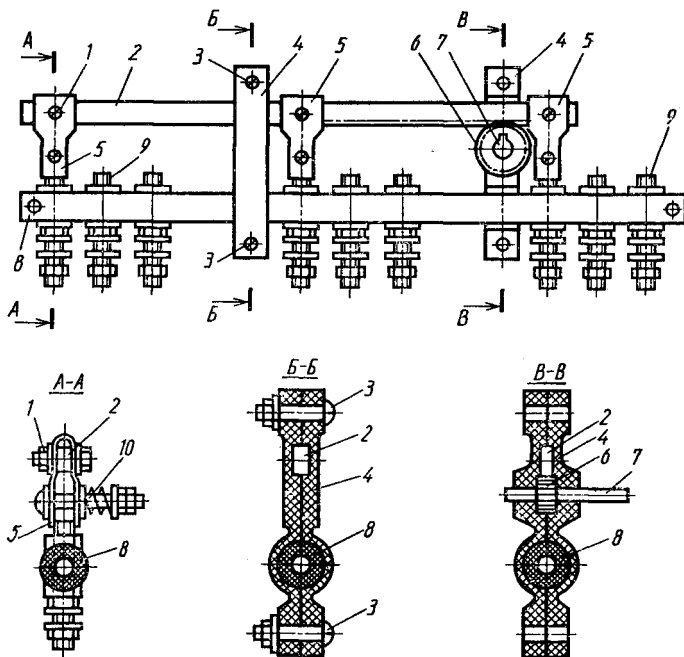


Рис. 19-16. Реечный переключатель ПТО-10/63-65:

1 — болт; 2 — зубчатая рейка (токоведущая); 3 — винт; 4 — держатель; 5 — подвижный контакт; 6 — зубчатое колесо; 7 — привод переключателя; 8 — бумажно-бакелитовая трубка; 9 — неподвижный контакт; 10 — пружина

Каждое положение переключателя четко фиксируется, что сопровождается щелчком. При осмотре переключателя его следует очистить, закрепить и подтянуть контакты. Иногда контактная поверхность переключателей покрывается очень стойкой, твердой и тонкой пленкой — продуктом старения масла. Ее удаляют, протирая поверхность колец и стержней контактов тряпкой, смоченной ацетоном. Применение для этой цели наждачной бумаги недопустимо, так как она может повредить никелированную поверхность. Другие неполадки в работе переключателей наблюдаются только вследствие неправильной регулировки головки привода из-за неточной установки конусной шайбы.

#### § 19-4. Сборка и испытания трансформаторов; ремонт и испытание измерительных трансформаторов; особенности ремонта сварочных трансформаторов

**Сборка и испытания трансформаторов.** После того как отремонтированы все детали, приступают к сборке трансформатора. На стержни магнитопровода насаживают отремонтированные обмотки — сначала обмотки НН, затем обмотки ВН. На рис. 19-17 пока-

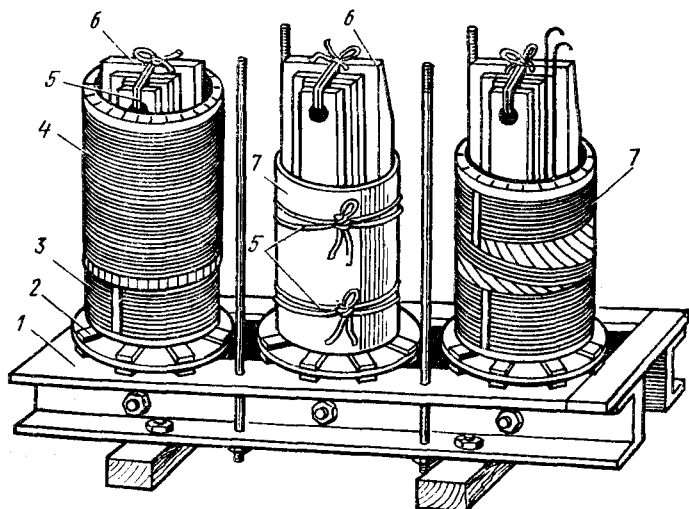


Рис. 19-17. Насадка обмоток трансформатора:

1 — уразнительная изоляция; 2 — ярмовая изоляция; 3 — обмотка НН; 4 — обмотка ВН; 5 — временная хлопчатобумажная лента или веревка; 6 — стержень; 7 — мягкий цилиндр

зана последовательность насадки обмоток. После насадки обмоток приступают к шихтовке верхнего ярма. Ответственной операцией является прессовка всей выемной части. Вертикальными стяжными шпильками сжимают ярмовые балки и тем самым осаживают обмотку. Ударами молотка через фибровую прокладку осаживают листы стали верхнего ярма. Стальной оправкой выправляют отверстия верхнего ярма для стяжных шпилек; при этом вставляют бакелитовые трубки и стяжными шпильками прессуют верхнее ярмо.

После сборки выемной части выполняют серию предварительных испытаний. Далее производят заготовку, установку, соединение, пайку, изолирование и крепление отводов. Отводы с концами обмоток соединяют сваркой или пайкой. Пайку проводов сечением до 30—40 мм<sup>2</sup> лучше выполнять электрическим паяльником. Провода большего сечения паяют специальными клещами меднофосфористым припоем. Клещи присоединяют к понижающему трансформатору на низкое напряжение (12—24 В) мощностью 1—1,5 кВт. Полностью собранную выемную часть трансформатора сушат, так как она имеет много изоляционных деталей, которые в процессе хранения и сборки могут увлажняться.

Существует несколько методов сушки выемной части трансформаторов, но наиболее распространенным и доступным в ремонтной практике является способ индукционного нагрева. При этом способе на наружные стенки бака, предварительно утепленные асбестом, наматывают изолированный провод (рис. 19-17). Необходимое количество витков определяют расчетом или опытом. По обмотке

пропускают ток расчетной величины при определенном напряжении.

Для циркуляции в баке нагретого воздуха на крышке устанавливают вытяжную трубу высотой 1,5—2 м, а внизу бака открывают одно из отверстий. Температура контролируется термометрами. Сушку ведут непрерывно. Периодически замеряют сопротивление изоляции обмоток, и если оно в течение 6—8 ч не изменяет своего значения при постоянной температуре в баке 105 °С, то сушку считают законченной. Отремонтированный и высушенный трансформатор подвергают испытаниям, конечной целью которых является проверка качества ремонта, правильности сборки и соответствия технических характеристик собранного трансформатора требованиям стандарта. В процессе ремонта и сборки отдельных частей трансформатора проводят промежуточные испытания, по которым судят о качестве ремонта.

После капитального ремонта трансформаторов с заменой обмоток проводят химический анализ и проверяют масло на электрическую прочность — испытывают его повышенным напряжением переменного тока; определяют потери тока холостого хода; проверяют группы соединений и коэффициент трансформаций; измеряют омическое сопротивление обмоток, сопротивление изоляции постоянному току; проверяют изоляцию стяжных болтов и ярмовых балок, характеристики изоляции масляных трансформаторов, потери и напряжения к. з.; проводят испытание бака на отсутствие течи и просачивание масла, на нагрев, динамическую и термическую устойчивость при внезапных коротких замыканиях, давление контактов переключателя.

Трансформаторы испытывают в собранном состоянии с установленными на них деталями и узлами, которые могут оказать влияние на результаты испытаний. Все полученные результаты заносят в паспорт трансформатора. После капитального ремонта без смены обмоток из указанных испытаний не требуется определять ток холостого хода, проверять группы соединений и коэффициент трансформации. Для трансформаторов до 630 кВ · А включительно (без смены обмоток) количество испытаний сводят к минимуму и ограничиваются измерениями сопротивления изоляции и испытанием повышенным напряжением, анализом и испытанием масла.

**Ремонт и испытания измерительных трансформаторов.** Трансформаторы тока в последнее время в установках с напряжением до 10 кВ изготавливают преимущественно сухими с воздушным охлаждением. Отличительная особенность их конструкции и магнитного свойства стали сердечника предусматривает наименьший ток намагничивания. Литая изоляция обмоток этих трансформаторов, выполненная из компаундной массы или эпоксидной смолы, уменьшает размеры трансформатора при высокой механической прочности и хороших изоляционных свойствах.

Особое внимание уделяется контактной поверхности первичной обмотки, на которой не должно быть раковин; поверхность должна

быть тщательно зачищена; не допускается ее перегрев. У трансформаторов тока периодически испытывают изоляции и проверяют погрешность.

Ремонт трансформаторов тока и напряжения начинают с осмотра состояния фарфоровой, эпоксидной или другой изоляции; при этом проверяют надежность крепления трансформатора к конструкциям, количество масла в баке и отсутствие его течи в уплотнениях и сварных швах. Для удаления течи масла через уплотнение подтягивают скрепляющие болты. Если это не помогает, то прокладку заменяют новой из пробки или маслостойкой резины. Если течь масла обнаружена в сварном шве, трансформатор заменяют.

Затем проверяют надежность соединения трансформатора с контуром заземления; контактные соединения внешних цепей с трансформатором; соединение вторичных обмоток трансформатора с «землей». При ремонте разъёмных трансформаторов тока проверяют отсутствие ржавчины на торцах магнитопровода, для чего отсоединяют проводники от зажимов; отвинчивают гайки скрепляющих болтов; вынимают болты и разъединяют половинки трансформатора. Если на шлифованных торцах магнитопровода имеется ржавчина, ее снимают шкуркой; затем половинки трансформатора тока скрепляют болтами, стараясь, чтобы между ними не было воздушного зазора.

При капитальном ремонте трансформаторы тока и напряжения испытывают повышенным напряжением. Замена трансформатора в ходе ремонта сопровождается проведением испытаний, проверкой целостности обмоток, групп соединений трехфазных трансформаторов и полярности однофазных. Вторичную обмотку трансформаторов напряжения во время испытаний закорачивают и заземляют, чтобы не было случайной подачи на шины распределительного устройства высокого напряжения из-за обратной трансформации.

**Особенности ремонта сварочных трансформаторов.** Наиболее часто встречающиеся повреждения широко применяемых сварочных трансформаторов (рис. 19-18), являющихся переносными аппаратами, при их перевозках и перемещениях особенно на строительномонтажных площадках — это вмятины металлических оболочек, крышек, козырьков, а также поломка колес, ручек; забоины, заусенцы ходового винта; износ трудящихся деталей.

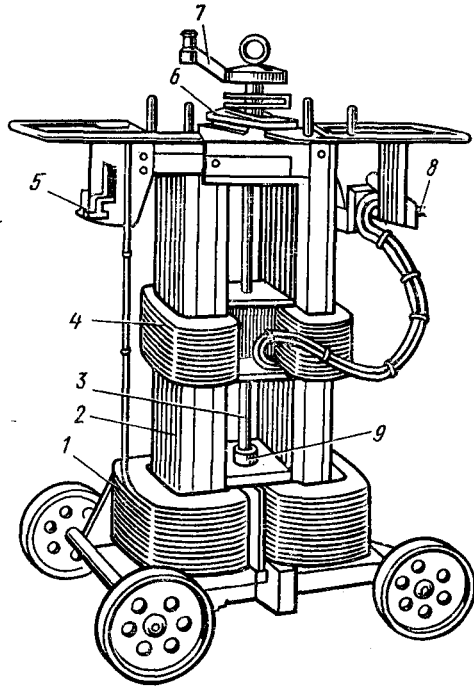
При ремонте сварочных агрегатов обращают особое внимание на обеспечение максимальной надежности всех болтовых соединений электрической схемы. Конструктивное исполнение этих соединений должно исключать возможность ослабления контактов от тряски или температурных колебаний. Тяжелые технологические режимы работы сварочных трансформаторов, постоянная необходимость их частых перемещений и погрузок являются причиной расслабления стяжных болтов, бандажей и узлов механических креплений, что приводит к нарушению нормальной работы трансформатора, а впоследствии и к выходу его из строя.

При работе сварочных трансформаторов и регуляторов возникают такие неисправности:



Рис. 19-18. Сварочный трансформатор ТС-300:

1 — катушка первичной обмотки; 2 — сердечник магнитопровода; 3 — ходовой винт; 4 — катушка вторичной обмотки; 5, 8 — доски зажимов первичной и вторичной обмоток; 6 — траверса (верхняя опора ходового винта); 7 — рукоятка (верхняя опора винта); 9 — нижняя опора винта



а) замыкание в витках обмотки регулятора (трансформатор потребляет из сети большой ток). Ремонт выполняют, сняв кожух трансформатора и устранив замыкание в обмотках;

б) витковое замыкание в первичных обмотках трансформатора. При ремонте обмотки трансформатора подлежат полной или частичной перемотке;

в) ослабление натяжения пружины и внутреннего привода (регулятор при сварке сильно гудит). Ремонт включает в себя регулирование натяжения пружины и устранение неисправностей приводов;

г) замыкание между зажимами регулятора (регулятор не регулирует ток трансформатора). При ремонте ликвидируют замыкания между зажимами регулятора;

д) сильный нагрев контактов в соединениях в результате их плохого соединения. При ремонте перебирают греющиеся соединения, зачищают и плотно пригоняют контактные поверхности затяжные зажимы.

### § 19-5. Ремонт масляных и электромагнитных выключателей

Плановый капитальный ремонт масляных выключателей проводят один раз в 6—8 лет. Правила технической эксплуатации ПТЭ разрешают изменять периодичность капитальных ремонтов в зависимости от опыта эксплуатации, числа коммутационных операций и др. Проведение внеочередного ремонта зависит от состояния выключателя. Этот вид ремонта выполняют также после шести отключений к. з. (номинальных) или после определенного количества коммутационных отключений. Так, для выключателей ВМП-10У с количеством примерно 1500 отключений в месяц, из которых 25 % отключений тока 1500—1800 А (одному отключению тока 1500 А эквивалентны три отключения тока 600 А), 35 %—500-

600 А и 40 % — без нагрузки, рекомендуется изменять наконечники подвижных контактов через 30 дней, полную замену всех контактов и гасительных камер осуществить через два месяца. Для выключателей ВМГ-10, ВМГП-10, ВМПЭ-10 и СЦИ внеочередной ремонт необходим после десяти отключений тока к. з. в пределах 30—60 % номинального тока отключения или выполнения 2000 операций отключений и включений независимо от силы тока.

Выключатели ВМП-10, ВМПИ-10 и ВМПЭ-10 разбирают в такой последовательности: сливают масло и проверяют работу маслоуказателей; отсоединяют от полюсов изоляционные тяги и снимают полосы; открывают нижние крышки с полюсов с укрепленными на них розеточными контактами и вынимают распорные цилиндры и дугогасительные камеры; открывают верхние крышки и вынимают маслоотделители. Далее разборку продолжают в зависимости от состояния отдельных частей выключателя.

Периодичность ремонтов электромагнитных выключателей и их объем зависят от частоты операций включений-отключений, от значений отключаемых токов; например, текущий ремонт выключателя ВЭМ-10 в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя проводится через каждые 10 000 отключений, но не реже одного раза в год, а капитальный с полной разборкой выключателя и привода — через 75 000 отключений, но не реже одного раза в пять лет.

При определении периодичности ремонта выключателей АВМ и «Электрон» учитывают рекомендации завода-изготовителя осматривать и ремонтировать выключатели два раза в год, а также проводить осмотр после каждого отключения выключателем предельного для него тока к. з.

Для безопасного проведения ремонтных работ следует отключить оперативные цепи привода выключателя и ослабить заводящие пружины (у пружинных приводов). При необходимости работы на включенном выключателе отключающий механизм привода запирают.

#### **§ 19-6. Ремонт комплектных распределительных устройств, стационарных камер одностороннего обслуживания и испытание электрооборудования подстанций после ремонта**

К основным, широко распространенным видам оборудования в установках высокого напряжения в ячейках рассматриваемых камер относятся масляные выключатели с соответствующими приводами; выключатели нагрузки и разъединители с приводами; предохранители, разрядники; силовые и измерительные трансформаторы; предохранители, реакторы.

К наиболее часто встречающимся повреждениям оборудования следует отнести: обугливание, наплывы металла, раковины, прожоги контактной системы, наличие брызг металла пластин дугогасительных камер, повреждение фарфоровых изоляторов в виде сколов трещин, нарушения армировочных швов; повреждения и нарушения регулировки механизма управления; износ отдельных деталей, особенно пружин, удерживающих собачек и деталей,

несущих большую механическую нагрузку; нарушение качества контактов распределительных шин; нарушение заземляющих контактов и окраски.

Ремонт высоковольтного оборудования сводится в основном к регулярному техническому обслуживанию и в случае необходимости к замене пришедших в негодность деталей на новые из числа запасных частей. Изготовление каких-либо вышедших из строя деталей оборудования ячеек своими силами не рекомендуется. После ремонта оборудования оно подвергается испытаниям в соответствии с ПТЭ, «Правилами технической безопасности» (ПТБ) и заводскими инструкциями. Различают следующие виды испытаний: приемо-сдаточные вновь вводимого оборудования; при капитальных ремонтах; при текущих ремонтах и межремонтные, т. е. испытания, не связанные с плановым выводом в ремонт ячеек оборудования. Перед началом испытаний наружную поверхность изоляции электрооборудования ячеек очищают от пыли и тщательно осматривают. Электрические испытания изоляции проводят при температуре не ниже 5 °С. Объем испытаний при ремонте оборудования ячеек и нормативы его годности даны в ПТЭ и ПУЭ.

### **§ 19-7. Техника безопасности**

При ремонте трансформаторов и оборудования ПС все такелажные работы по подъему, погрузке и перемещению должны выполняться в соответствии со СНиП, ПТБ и заводскими инструкциями.

Персонал, участвующий в ведении такелажных работ, должен быть обучен безопасным методам ведения работ и пройти специальный инструктаж непосредственно на рабочем месте. Проведение инструктажа оформляют в журнале в установленном порядке. Основные положения правил техники безопасности и охраны труда вывешивают в производственных помещениях.

Выемную часть трансформаторов поднимают только с помощью подъемных приспособлений. Рабочее место для ремонта, разборки или сборки трансформаторов не должно быть залито маслом, так как рабочий может упасть и пораниться об острые части трансформатора.

Работать в баках трансформаторов опасно, потому что пары трансформаторного масла ядовиты. Работать надо вдвоем: один должен наблюдать за работой другого. Трансформаторное масло при длительном соприкосновении с кожей вызывает ее раздражение, поэтому нельзя допускать, чтобы масло попадало на открытые части тела.

При ремонте высоковольтного оборудования ПС возникает необходимость проведения несложных сварочных работ, таких, как ремонт контура заземления, монтаж сетчатых ограждений ячеек и др. Несоблюдение специальных правил выполнения электросварочных работ может привести к поражению электрическим током, получению ожогов от непосредственного действия дуги и брызг расплавленного металла, а также воздействию электрической дуги на глаза.

#### *Контрольные вопросы*

1. Перечислите основные неисправности трансформаторов при их работе.
2. Как осуществляют ремонт обмоток?
3. Как осуществляют ремонт магнитопроводов, трансформаторов?
4. Как осуществляют ремонт выводов?
5. Как выполняют испытание силовых трансформаторов после ремонта?
6. Расскажите об особенностях ремонта сварочных трансформаторов.
7. Расскажите о ремонте распределительных устройств, комплектных распределительных устройств и об испытании после ремонта.
8. Расскажите, какие правила техники безопасности и охраны труда необходимо соблюдать при ремонте трансформаторов и электрооборудования подстанции.

## **Глава 20. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

### **§ 20-1. Организация электроремонтных цехов и участков на предприятии**

Капитальный ремонт электрических машин и аппаратов на небольших предприятиях проводится на электроремонтных участках, а на больших предприятиях — в электроремонтных цехах. Электроремонтный цех крупного предприятия состоит из участков, специализированных для ремонта отдельных узлов и деталей; склада двигателей, поступивших в ремонт; склада отремонтированных двигателей; склада материалов; инструментальной кладовой; технического бюро и других служб, которые необходимы каждому производственному цеху. Состав участков следующий.

**Участок разборки и дефектации.** На участке проводят очистку двигателей, осмотр и предремонтные испытания. Дефектные двигатели разбирают, моют и проводят дефектацию. Участок оснащен испытательными стендами; верстаками и инструментом для разборки двигателей; ваннами для мойки деталей и узлов; печью или ваннами для подготовки обмотки к извлечению из сердечника; оборудованием для извлечения обмотки.

**Участок механического ремонта.** На участке проводят механический ремонт деталей и узлов. Участок имеет станки для механической обработки (токарные, фрезерные, строгальные, сверлильные и т. п.); сварочное оборудование; гидравлические и кривошипные прессы.

**Участок укладки обмоток.** На участке изготовляют обмотки и изоляцию; укладывают обмотки; собирают и паяют схемы; пропитывают обмотки. Участок оснащен намоточными станками; станками для резки изоляции; рабочими местами для укладки и пайки обмоток; ваннами и печами для пропитки и сушки обмоток.

**Участок сборки и испытания машин.** На участке собирают и испытывают машины. Он оснащен верстаками и приспособлениями для сборки, испытательными стендами для испытаний.

**Участок ремонта трансформаторов.** На участке проводят разборку, ремонт и сборку трансформаторов. Участок оснащается оборудованием для разборки и сборки трансформаторов; намоточными станками для намотки обмотки; оборудованием для испытаний.

**Участок ремонта аппаратуры.** На участке проводят ремонт пускорегулирующей и другой аппаратуры. Он оснащен рабочими местами для разборки и сборки аппаратуры; намотки катушек; испытательными пультами.

Цех должен иметь необходимое подъемно-транспортное оборудование: мостовые краны, кран-балки, тельферы, электрокары, электропогрузчики, ручные тележки и т. п. Для нормальных условий работы в цехе должна быть приточно-вытяжная вентиляция, а рабочие места, связанные с использованием лаков, растворителей, некоторых видов изоляции, должны иметь вытяжную вентиляцию непосредственно на рабочем месте.

На ремонтных участках организуются рабочие места для осуществления отдельных операций или ряда операций. Рабочие места выполняют универсальными, т. е. такими, чтобы на каждом рабочем месте можно было ремонтировать практически любой двигатель. Рабочие места стараются располагать по ходу технологического потока. Для осуществления транспортных операций участок оснащают кран-балкой и тельферами. Как правило, участок имеет следующие рабочие места: разборка и дефектация ремонтных двигателей; мойка деталей и узлов; станок для удаления обмоток; станок для намотки катушек; укладка обмотки и пайка схемы; пропиточная ванна; сушильная печь; сборка; испытания. Механический ремонт деталей производят, как правило, на механическом участке, куда передают дефектные детали.

### § 20-2. Разборка и дефектация асинхронных электродвигателей при ремонте

В электроремонтных цехах предприятий капитальному ремонту с заменой обмотки подвергаются низковольтные электродвигатели, имеющие обмотку из круглого провода. Низковольтные двигатели с обмоткой из прямоугольного провода и высоковольтные двигатели ремонтируют с заменой обмоток в случае получения обмотки как запасной части. Изготовление высоковольтных обмоток или их восстановление в электроремонтных цехах не проводят, так как для этого требуется сложное оборудование и специальная технология,

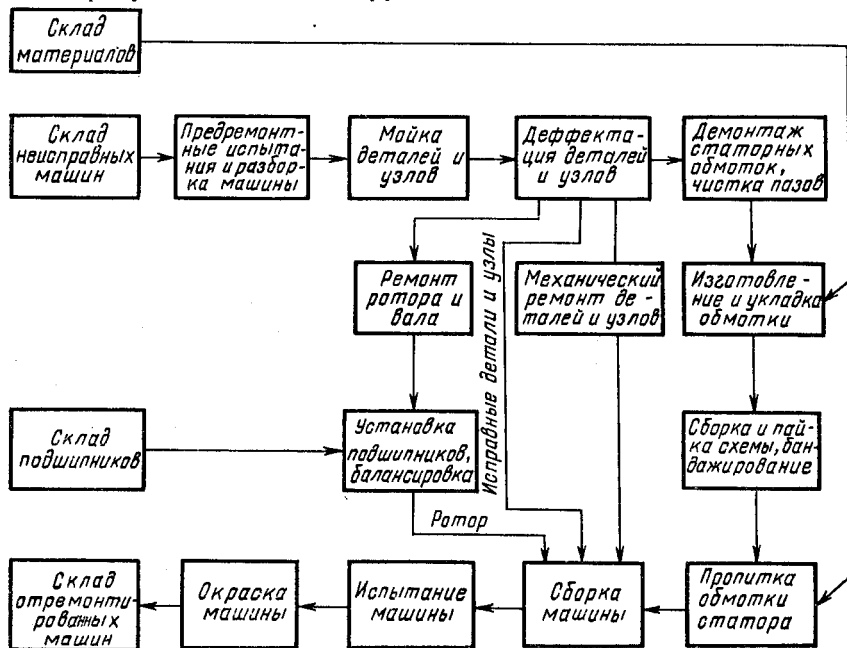


Рис. 20-1. Последовательность основных технологических операций при капитальном ремонте асинхронных электродвигателей

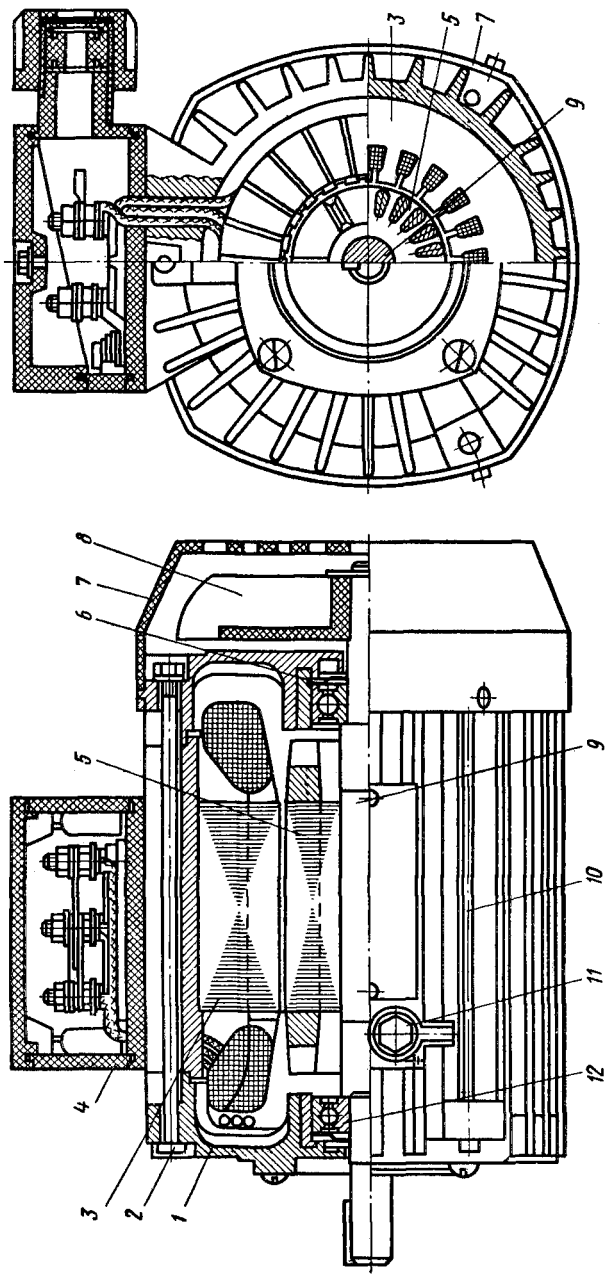


Рис. 20-2. Асинхронный электродвигатель фланцевого исполнения с высотой оси вращения 56 мм:

1 — передний щит; 2 — шпилька; 3 — сердечник статора; 4 — коробка выводов; 5 — сердечник ротора; 6 — сердечник ротора; 6 — сердечник ротора; 6 — пружинная шайба; 7 — кожух вентилятора; 8 — вентилятор; 9 — корпус; 10 — вал; 11 — болт заземления; 12 — подшипник

а количество ремонтируемых двигателей незначительное. В некоторых случаях при ремонте роторов с обмоткой из прямоугольных шин производят ее изготовление.

Последовательность основных технологических операций при ремонте асинхронных электродвигателей показана на рис. 20-1. При необходимости перед разборкой двигателя подвергают предремонтным испытаниям, для того чтобы исключить возможность ошибочного поступления на ремонт исправной машины. Предремонтные испытания включают электрические испытания (измерение сопротивления изоляции, проверку электрической прочности изоляции, измерение сопротивлений обмоток и их частей при постоянном токе) и замеры узлов и деталей (эксцентриситет, биение, конусность и т. п.). Неисправные двигатели отправляют на разборку. Порядок разборки электродвигателя серии 4А с высотой оси вращения 160 мм приведен в гл. 13. Порядок разборки двигателя меньшей высоты оси вращения, например 56 мм, обусловлен конструкцией двигателя (рис. 20-2). Разборку такого двигателя проводят на столе; для этого не требуются подъемные средства, а усилия, прикладываемые при разборке, незначительны.

На рис. 20-3 показан электродвигатель третьей серии с контактными кольцами типа АКЗ-315 с высотой оси вращения

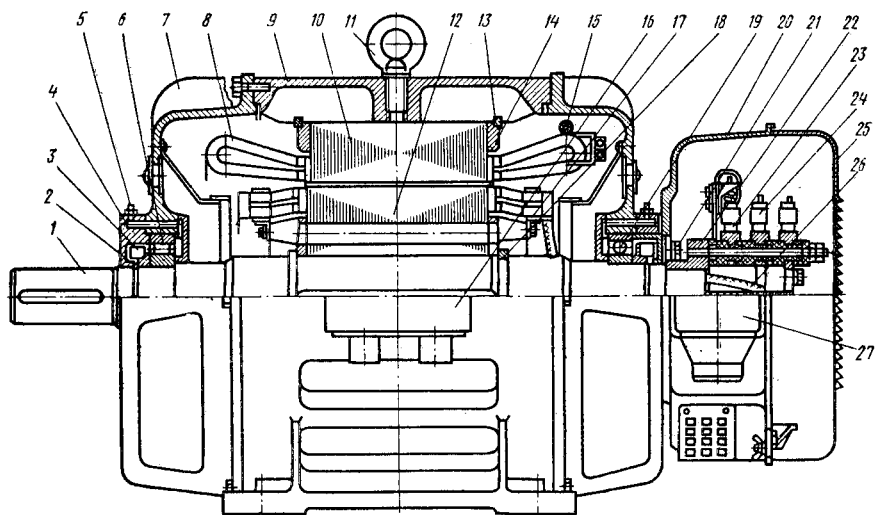


Рис. 20-3. Асинхронный электродвигатель АКЗ-315 с фазным ротором, высотой оси вращения 315 мм:

1 — вал; 2 — пружинное кольцо; 3 — диск; 4 — крышка подшипника; 5 — масленка; 6, 19 — передний и задний подшипники; 7 — щит подшипника; 8 — обмотка статора; 9 — корпус; 10 — сердечник статора; 11 — рым-болт; 12 — сердечник ротора; 13 — шпонка дуговая; 14 — нажимная шайба; 15 — выводы обмотки статора; 16 — коробка выводов статора; 17 — обмотка ротора; 18 — кольцо пружинное; 20 — коробка контактных колец; 21 — болты крепления коробки контактных колец; 22 — узел контактных колец; 23 — щетка; 24 — щеткодержатель; 25 — колпак; 26 — выводы обмотки ротора; 27 — коробка выводов ротора

315 мм. Для разборки двигатель устанавливают на специальный верстак. Разборку начинают со щеточного узла. Сначала снимают колпак 25; отворачивают выводы обмотки ротора 26; снимают траверсу со щетками 23 и съемником снимают узел контактных колец 22, который надет консольно на вал. Отвернув болты 21, снимают коробку контактных колец 20. Затем отворачивают болты и снимают с обеих сторон крышки подшипников 4; отворачивают болты, крепящие подшипниковые щиты, и снимают их. Ротор извлекают приспособлением (см. рис. 13-6). На разобранные детали и узлы навешивают железные бирки для того, чтобы при сборке их можно было легко найти. Детали и узлы одного или нескольких двигателей складывают в одну тару.

С точки зрения ремонта низковольтные электрические машины можно конструктивно разделить на два типа. Первый тип машин имеет сердечник, запрессованный в корпус и обмотку из круглого провода (рис. 13-4), а второй тип имеет сердечник, набранный в корпус и обмотку из прямоугольного провода (рис. 20-3). Эти особенности необходимо учитывать при разборке и дефектации.

При разборке электрических машин также необходимо извлечь обмотку из пазов. Обмотку низковольтных машин мощностью до 60—80 кВт изготовляют из круглого провода и укладывают в полузакрытый паз. Диаметр используемых проводов от 0,27 до 1,8 мм. Число витков тонкого провода достигает более сотни в пазу. При диаметре провода 0,8 мм и выше число витков в пазу несколько десятков. На некоторых крупных электроремонтных предприятиях с высокой культурой производства круглый провод диаметром выше 1,0 мм извлекают из паза и восстанавливают. На подавляющем большинстве электроремонтных предприятий и во всех ремонтных цехах круглый провод извлекают из статора следующим образом.

Лобовую часть обмотки со стороны схемы срезают на токарных станках, а оставшуюся обмотку вытаскивают с другой стороны, предварительно обуглив изоляцию в печах или размягчив ее в растворах каустика (или соды) или размягчив лак в высокочастотных установках. Порядок следования операций различный

и зависит от типа ремонтируемой машины и принятой на предприятии технологии.

Для обрезки лобовых частей используют токарные станки и ножовой ре�ец (рис. 20-4).

Статор 2 устанавливают в патрон 1 и разжимают кулачки 3.

Длина кулачков должна перекрывать не менее  $\frac{3}{4}$  длины сердечника.

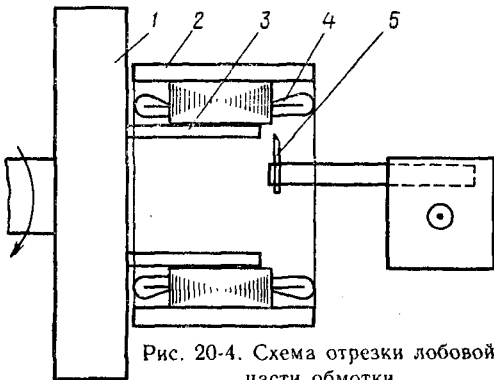


Рис. 20-4. Схема отрезки лобовой части обмотки



Ножевой резец 5 заводится в статор и около самого сердечника отрезается лобовая часть 4. Ножевой резец производит отрезку без стружки, не затягивает провод, а отрезанная лобовая часть отделяется спокойно. Изоляцию обугливают в печах при температуре 300—350 °С. При более низкой температуре изоляция не обугливается, а при более высокой нарушается межлистовая изоляция сердечника и возможны изменения магнитных свойств электротехнической стали в сторону ухудшения. Этой операции можно подвергать статоры электродвигателей серии А и А2 с чугунными корпусами. У статоров электродвигателей серии 4А с чугунным корпусом и сердечником, запрессованным с натягом, но без фиксирующего штифта, возможно ослабление посадки и сдвиг сердечника, а у статора с алюминиевым корпусом кроме этого возможны потери основных посадочных размеров. Статоры в печах всегда следует располагать горизонтально. Обмотку извлекают из пазов неостывшего статора.

Для размягчения изоляции статоры помещают в ванну с горячим 5—8%-ным раствором каустика или соды и выдерживают при температуре 80—90 °С в течение 6—8 ч в зависимости от габаритов и конструкции статора, после чего их промывают в горячей воде. При выдержке в каустике замечены случаи нарушения межливостовой изоляции сердечника. Поэтому на заводах стараются пользоваться раствором соды, хотя время выдержки при этом увеличивается.

Обмотку извлекают вручную крючками из стальной проволоки или механизмом с электро- или пневмоприводом. Механизм выдергивания обмотки показан на правой части установки (рис. 20-5). Обмотку зацепляют крючками 6 и пневмоцилиндр 7 дает движение штоку, с которым соединены крючки. Обмотка извлекается из пазов, после чего необходимо удалить с них оставшуюся

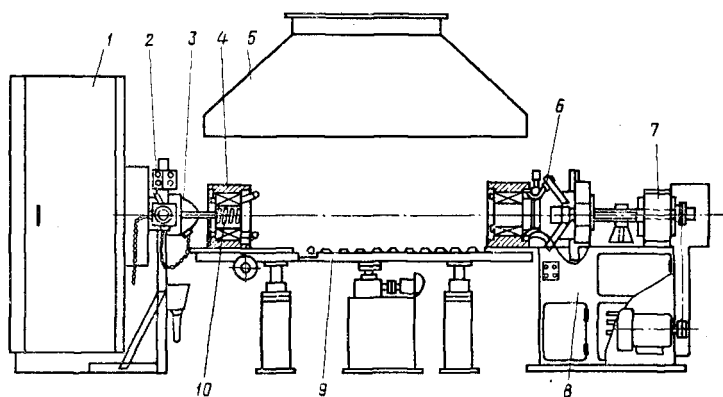


Рис. 20-5. Схема высокочастотной установки для разогрева и извлечения обмотки статора

в пазу изоляцию, прочистить паз и продуть сердечник сжатым воздухом в камере с вытяжной вентиляцией.

Наиболее эффективным следует считать извлечение обмотки способом размягчения лака при нагреве сердечника токами высокой частоты. При этом размягчается пропиточный лак, находящийся между сердечником и пазовой изоляцией. Пропиточный лак, находящийся между проводами и пазовой изоляцией, нагревается меньше, так как располагается дальше от нагретого тела — сердечника. При извлечении обмотки вместе с ней извлекается вся пазовая изоляция, потому что сцепление между сердечником и пазовой изоляцией слабое, а между обмоткой и пазовой изоляцией — достаточно сильное. После извлечения обмотки паз получается чистым и не требует дополнительной зачистки.

Схема высокочастотной установки для размягчения лака и удаления обмотки, разработанная Центральным конструкторско-технологическим бюро электроремонта (ЦКТБЭР), показана на рис. 20-5. Статор 4 с обрезанной лобовой частью устанавливают на подъемный стол и выставляют так, чтобы центр статора был перед жабом 3 индуктора. В соответствии с внутренним диаметром и длиной сердечника выбирают индуктор 10 и устанавливают в жабом 3. Зазор между индуктором и внутренним диаметром сердечника должен быть возможно минимальным. К индуктору подключают шланги для водяного охлаждения. Производят настройку установки и с кнопочной станции 2 включают высокочастотный генератор 1. Время выжигания изоляции 2 составляет 10 мин. Затем по рольгангу 9 статор подают к механизму выдергивания 8. Обмотку извлекают из пазов статора. Над установкой имеется вытяжной зонт 5. Потребляемая мощность высокочастотной установки 103 кВ · А. Средняя производительность в смену 160 статоров.

После извлечения обмотки от лобовой части отрезают кусок катушки и прикрепляют его к статору. По этой части обмотки при необходимости определяют число проводов в катушке и диаметр провода. Обмотку низковольтных машин мощностью от 60—80 до 300—400 кВт изготавливают из прямоугольного провода и укладывают в полуоткрытые пазы. Число проводников в пазу не более 20—30. Такую обмотку извлекают из пазов следующим образом. Статор разогревают (изоляция при этом обугливается), ножом или зубилом удаляют бандаж, скрепляющие катушки между собой и с бандажным кольцом (см. рис. 13-12), выбивают клинья 1 (рис. 20-6). Обмотка, как правило, двухслойная. Сначала достают из паза стороны катушек, лежащих вверху. Катушка состоит из двух полукатушек и поэтому вытаскивают сначала прокладку под клин 2, полукатушку 3, а затем полукатушку 4. Извлеченные стороны катушек оставляют в расточке сердечника и только после того как достанут из паза столько верхних сторон катушек, сколько пазов в шаге обмотки, можно будет достать верхнюю и нижнюю сторону катушки и вытащить ее из сердечника. Нижнюю сторону катушки извлекают из паза также в два приема: сначала прокладку между

катушками 5, одну полукатушку 6, а затем вторую 7. После этого пазы зачищают от корпусной изоляции 8, прокладки 9 и поправляют сердечник.

Обмотку высоковольтных машин мощностью свыше 300—400 кВт изготовляют из прямоугольного провода и наносят высоковольтную корпусную изоляцию непосредственно на катушку. Такую катушку можно уложить только в открытый паз (рис. 20-7).

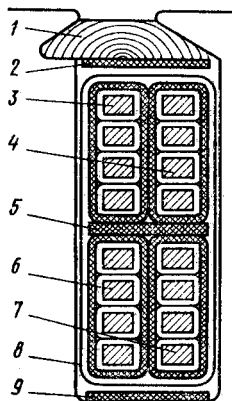


Рис. 20-6. Полуоткрытый паз статора низковольтной электрической машины с обмоткой из прямоугольного провода

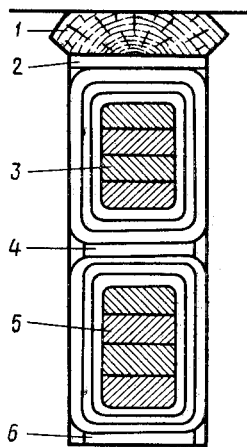


Рис. 20-7. Открытый паз статора высоковольтной электрической машины с обмоткой из прямоугольного провода

Изоляция может быть термореактивная или термопластичная. Обмотки с термореактивной изоляцией имеют низкую ремонтпригодность и их ремонт может осуществляться только специализированными ремонтными предприятиями. Термореактивная изоляция на основе эпоксидных смол не размягчается при нагревании; катушки нельзя извлечь из пазов; при попытке незначительно деформировать катушку изоляция ломается. Термопластическая изоляция на основе масляно-битумных лаков при нагревании размягчается; катушки можно извлечь из паза; в нагретом состоянии катушку можно незначительно деформировать, не нарушая целостности изоляции. Электродвигатели с термопластичной изоляцией в настоящее время промышленностью почти не выпускаются, однако в эксплуатации имеется большое количество двигателей с такой изоляцией.

Извлечение обмотки с термопластической изоляцией производят в следующем порядке. Сначала ножом, зубилом или ножницами удаляют бандаж, скрепляющие катушки между собой и с бандажным кольцом. Затем выбивают клинья 1, разогревают обмотку. Для этого несколько катушек соединяют последовательно между

собой и пропускают по ним постоянный ток. Для этих целей можно использовать сварочные генераторы постоянного тока. Сила тока не должна превышать 0,3—0,4 от номинального тока. Температура нагрева должна быть не более 100—110 °С. Форсировать нагрев во избежание вспухания изоляции катушек не следует. Нагрев продолжается 15—30 мин. Нагретые катушки достают из пазов, используя различные приспособления. После этого снимают прокладку под клином 2, достают катушку 3 и снимают прокладку 4. Нижнюю сторону 5 и прокладку 6 вытаскивают после того, как поднимут из паза столько верхних сторон, сколько пазов в шаге. При этом стараются, чтобы катушка как можно меньше потеряла свою форму и не повредилась изоляция.

Дефектацию производят в процессе разборки машины и начинают с внешнего осмотра. Определяют наличие всех деталей; целостность лап, ребер охлаждения, коробки выводов и т. п. Затем проводят измерения биения вала, если это позволяет качество подшипников. Снимая с двигателя детали, определяют их пригодность для сборки. Снимая подшипниковый щит, определяют плотность его посадки на корпус и на наружную обойму подшипника. Осматривают его посадочные места, на которых не должно быть забоин, вмятин; поверхность должна быть чистой. На наружную поверхность подшипника щит должен надеваться туго. В машинах, имеющих щит и корпус из алюминия, после нескольких сборок может ослабнуть посадка подшипникового щита. Сняв подшипники с вала, осматривают шейки вала, которые должны иметь ровную поверхность и не быть изношенными. Вал не должен иметь искривлений, вмятин и забоев выводного конца. Отворачивая болты, определяют их качество и качество резьбовых отверстий, куда их заворачивают.

Затем проводят осмотр обмотки ротора. Короткозамкнутая алюминиевая обмотка не должна иметь следов расплавления, раковин; все лопатки должны быть целыми. Короткозамкнутая сварная обмотка не должна иметь обрыва стержней (рис. 20-8, а), смещений в осевом направлении (рис. 20-8, б), прогибов, выступающих из активной части (рис. 20-8, в), изгибов концов стержней в направлении вращения ротора (рис. 20-8, г), волнообразного изгиба, расположенного на ребре короткозамыкающего кольца (рис. 20-8, д), цветов побежалости на короткозамыкающих кольцах.

После извлечения обмотки статора проводят дефектацию сердечника. Основные неисправности сердечников: ослабление прессовки, веер зубцов, оплавление отдельных участков, нарушение изоляции между листами, погнутость отдельных зубцов, ослабление посадки сердечника в корпус. Плотность прессовки определяют контрольным ножом, который вдвигают между листами сердечника. Плотность прессовки следует считать удовлетворительной, если при сильном нажатии на рукоятку ножа лезвие входит в сердечник не более чем на 2—3 мм. Остальные дефекты определяют, как правило, визуально. Результаты дефектации записывают в ведомость, по которой разрабатывается технология ремонта.

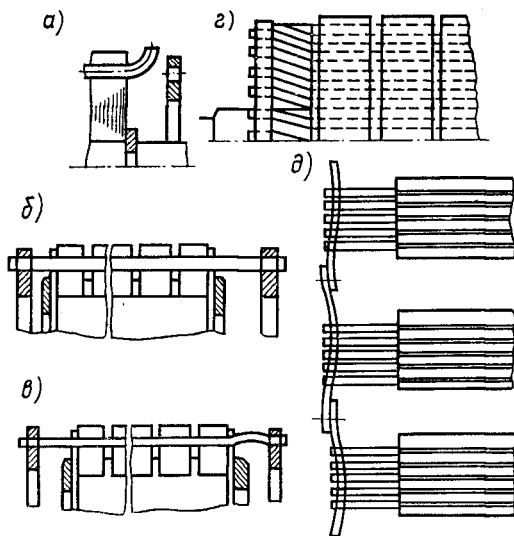


Рис. 20-8. Возможные повреждения короткозамкнутой сварной обмотки ротора

### § 20-3. Механический ремонт деталей и узлов

У валов электрических машин возможны следующие дефекты: повреждение выходного конца вала; износ шеек под подшипники; искривление оси; ослабление посадки сердечника; выработка шпоночных канавок. Износ посадочных поверхностей и задиры происходят при съеме напрессованных на вал деталей; из-за ослабления посадки в период эксплуатации, а также усилий, возникающих в процессе работы и износа подшипников. При небольшом количестве задиrow и забоин выступающие места сошлифовывают. Если дефекты превышают 20 % посадочной поверхности, то вал ремонтируют, наплавляя металл электросваркой или методом металлизации.

При наплавлении электросваркой для уменьшения коробления вала наплавляемые валики располагают параллельно оси, и каждый последующий валик накладывают диаметрально противоположно предыдущему. Места, имеющие уступы, стачивают на конус для уменьшения возможных термических напряжений (рис. 20-9, а). После наварки вал обрабатывают на токарном станке и шлифуют. При обработке вала необходимо обеспечить соосность поверхности выходного конца вала, шеек под посадку подшипников и поверхности под посадку сердечника, а если наплавка производится с сердечником, то необходимо обеспечить соосность с наружной поверхностью сердечника.

Так как наружная поверхность сердечника не обрабатывается при установке ротора на станок, необходимо проверять ее радиаль-

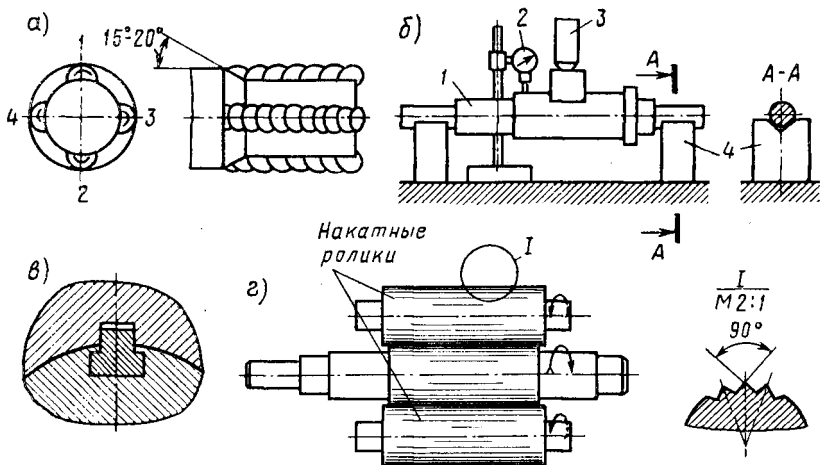


Рис. 20-9. Исправления дефектов валов

ное биение. Несоосность поверхностей *Б* относительно оси вала должна быть не более 0,015—0,02 мм (рис. 20-10); радиальное биение поверхности *В* относительно поверхности *Б* не более 0,04 мм, а поверхности *А* относительно поверхности *Б* не более 0,02 мм. Выдерживать такие допуски необходимо для обеспечения равномерного воздушного зазора после сборки машины. Допуск на поверхность *Б* для посадки подшипников для машин малой мощности принимают к4 — к6, а для средней мощности к6, т6.

Искривление валов встречается обычно у электродвигателей малой мощности. Валы правят на гидравлических или винтовых прессах после выпрессовки из сердечника или без разборки. Вал *1* (рис. 20-9, б) устанавливают концами на призмы *4* и с помощью индикатора *2* определяют величину и направление прогиба. Располагая выпуклую часть вверх против штока пресса *3*, производят правку за несколько приемов. После каждого нажима пресса индикатором контролируют биение и при его значении 0,05—0,1 мм правку прекращают.

В шпоночных соединениях изнашиваются шпонки и шпоночные пазы. Изношенные шпонки заменяют новыми. Разработанный шпоночный паз можно восстановить электродуговой сваркой и по-

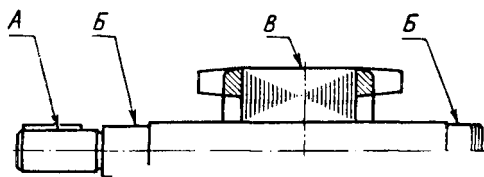


Рис. 20-10. Ротор асинхронного двигателя

следующей механической обработкой. Можно перейти на больший размер шпонки с соответствующим изменением шпоночного паза на валу и ответной детали.

При изготовлении ступенчатой шпонки (рис. 20-9, в) шпоночный паз на ответной детали можно сохранить прежним. При необходимости может быть профрезерован новый шпоночный паз на валу со смещением его на четверть окружности относительно старого. Выбор способа восстановления зависит от возможностей ремонтного участка.

Роторы с ослабленной посадкой сердечника ремонтируют путем замены вала на новый или восстановлением посадочной поверхности. Посадочную поверхность увеличивают путем напыления или накатки (рис. 20-9, г). Шаг накатки выбирают в зависимости от диаметра вала. После накатывания первоначальный диаметр увеличивается на 0,25—0,5 мм. Накатанную поверхность шлифуют, выдерживая заданный размер.

Валы небольших размеров, имеющие серьезные дефекты, целесообразно заменять новыми, изготовленными в ремонтном цехе. После исправления дефектов и сборки роторы подвергают балансировке.

Корпуса электрических машин повреждаются относительно редко. Наиболее распространены следующие дефекты: отлом лапы у чугунной станины; износ или срыв резьбовых отверстий; износ посадочных мест под шиты; появление трещин. Приварку отломанных частей и заварку трещин производят электродуговой сваркой. Перед заваркой трещин деталь очищают от ржавчины и обезжиривают. На концах трещин засверливают отверстия, чтобы предотвратить их дальнейшее распространение. При толщине треснувшей стенки более 5 мм зубилом скашивают кромки трещины по всей длине под углом 45—60°. Для повышения качества заварки необходимо нагреть деталь до температуры 350—600 °С; перед сваркой и после сварки ее следует медленно охладить.

Износ и срыв резьбы в крепежных отверстиях происходит при многократных сборках и разборках резьбовых соединений или чрезмерно больших моментах затяжки. В стальных корпусах гнезда с изношенной резьбой заваривают электродуговой сваркой, просверливают отверстие и нарезают резьбу того же диаметра. В чугунных или алюминиевых корпусах 1 (рис. 20-11, а) нарезают резьбу большого диаметра и устанавливают футорку 3 с наружной и внутренней резьбой и стопорят ее штифтом 2 или клеем. Резьбовое соединение со шпилькой можно отремонтировать, нарезав в корпусе резьбу большого диаметра и изготовив шпильку 4 (рис. 20-11, б) с двумя резьбами разного диаметра. В алюминиевых корпусах целесообразна замена болтов на шпильки с гайками (рис. 20-11, в). Шпильку стопорят в корпусе клеем, устанавливают втулку 6 и заворачивают гайку 5. В этом случае износ соединения при сборке и разборке значительно уменьшается, так как происходит свинчивание двух стальных деталей.

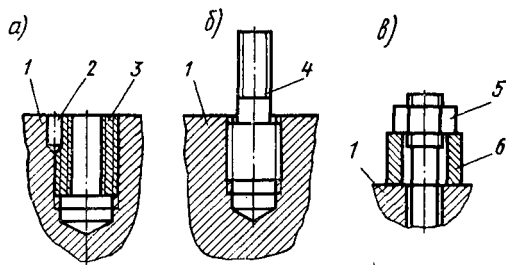


Рис. 20-11. Восстановление резьбовых соединений

В подшипниковых щитах может быть износ поверхности под посадку подшипника *В* (рис. 20-12), поверхности посадки щита на корпус *А*. При износе обеих поверхностей их можно восстановить металлизацией или наплавкой металла электросваркой. Механическую обработку обеих поверхностей проводят при одном установе щита на станке, для того чтобы обеспечить минимальное биение между поверхностями *А* и *В*. Ремонт поверхности под посадку подшипника можно осуществить запрессовать стальной втулки *1* в расточенное отверстие щита. Втулку крепят несколькими стопорными шпильками *2*, которые раскернивают для предотвращения от самоотвинчивания. При механической обработке щит необходимо базировать на поверхность *А* или выставлять при креплении по этой поверхности.

Износ посадочных поверхностей на валах, щитах, корпусах и других деталях можно восстанавливать нанесением герметика 6Ф. Герметик 6Ф выпускается в виде листов желтого цвета толщиной до 5 мм. Материал стойк к воздействию воды, щелочи и масел, но растворим в растворителях — ацетоне, толуоле, бензоле, этилбутилацетате. Он обладает хорошей адгезией к стали, чугуну,

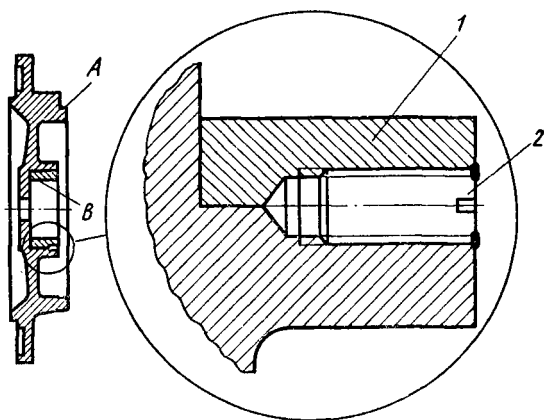


Рис. 20-12. Восстановление подшипникового щита



алюминиевым и медным сплавам. Для приготовления раствора герметик нарезают мелкими кусочками и помещают в посуду с растворителем на 24 ч. Посуду плотно закрывают и периодически взбалтывают. Вязкость готового раствора должна быть в пределах 33—34 с по вискозиметру ВЗ-4. Срок хранения раствора два-три года в плотно закрытой посуде и затемненном месте.

Для нанесения герметика необходимо зачистить поверхность и обезжирить ее ацетоном. К обезжиренной поверхности прикасаться руками запрещается. Герметик наносят кисточкой и сушат на воздухе не менее 20 мин. При необходимости увеличить слой герметик наносят несколько раз и после каждого раза сушат его на воздухе. Окончательную сушку проводят при температуре 140 °С в течение 2 ч. Герметик обладает хорошими виброгасящими свойствами.

Герметик не токсичен, но при сушке возможно выделение в небольших количествах замещенного фенола и аммиака, поэтому при работе необходимо пользоваться резиновыми перчатками и спецодеждой. Раствор герметика относится к легковоспламеняемым жидкостям.

При капитальном ремонте сердечники малых и средних машин не перешихтовывают, так как это не экономично и требует специального оборудования. Иногда перешихтовывают сердечники крупных электрических машин, ремонт которых здесь не рассматривается. После извлечения обмотки сердечники очищают от остатков изоляции, выравнивают и подбивают крайние листы. При сильном распушении крайних листов их склеивают лаком. В машинах средней мощности, имеющих высокие зубцы и нажимные пальцы, ослабление прессовки крайних листов можно устранить забивкой текстолитовых клиньев, имеющих примерную форму зубца и промазанных клеем. Чтобы клинья не выпали, их заглубляют ниже поверхности листов, а лист, лежащий рядом, отгибают. После установки клиньев поверхность сердечника покрывают изоляционным лаком.

После капитального ремонта электродвигателей переменного тока без замены обмоток проводят испытания обмоток напряжением промышленной частоты согласно табл. 20-1.

Т а б л и ц а 20-1

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ	Примечания
Обмотка статора электродвигателя мощностью 40 кВт и более и электродвигателя ответственного механизма напряжением, кВ: до 0,4 0,5 0,66 2 3	1,0 1,5 1,7 4,0 5,0	Производят после останова электродвигателя до его очистки от загрязнений

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ	Примечания
6 10	10 16	
Обмотка статора электродвигателя мощностью менее 40 кВт с номинальным напряжением до 0,66 кВ	1,0	
Обмотка ротора синхронного электродвигателя, предназначенного для непосредственного пуска, с обмоткой возбуждения, замкнутой на резистор или источник питания	1,0	Перед вводом электродвигателя в работу проводят повторное испытание мегаомметром на напряжение 1000 В
Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором	1,5 $U_{рот}$ , но не менее 1,0	$U_{рот}$ — напряжение на кольцах при разомкнутом неподвижном роторе и полном напряжении на статоре
Резисторы для гашения поля	2,0	Испытывают у синхронных электродвигателей
Реостаты и пускорегулирующие резисторы	1,5 $U_{рот}$ , но не менее 1,0	

#### § 20-4. Восстановление круглых обмоточных медных проводов

На промышленных предприятиях с крупными электроремонтными цехами производят восстановление круглого медного провода диаметром 0,8—1,6 мм. Восстановление провода имеет большое народнохозяйственное значение, так как оно позволяет экономить дорогостоящую обмоточную медь.

Последовательность технологических операций при восстановлении провода такова: извлечение поврежденной обмотки; удаление изоляции провода; подготовка поверхности провода к эмалированию; нанесение эмалевой изоляции на провод; контроль качества. Для размягчения пазовой изоляции и клиньев статоры помещают в ванну с 5 %-ным раствором каустической соды и выдерживают в течение 5—6 ч при температуре раствора 85—90 °С. Затем статор помещают в ванну нейтрализации с 0,5 %-ным раствором хромпика и выдерживают 15—20 мин при температуре 40—60 °С. После нейтрализации статор промывают горячей водой и подают на рабочее место для удаления обмотки. Перед извлечением провода из паза выбивают остатки клиньев и «раскусывают» схему соединения катушек. Провод извлекают из паза по одному проводнику, стараясь не порвать и не повредить его. Провод помещают в ванну с 15 %-ным раствором каустической соды для окончательного удаления старой изоляции; затем его нейтрализуют и промывают.

Химическое удаление старой изоляции имеет преимущества перед термическим удалением в том, что механические и физиче-

ские свойства провода не изменяются, в то время как при отжиге образуются оксиды меди, которые при волочении вдавливаются в поверхность провода, нарушают его целостность и изменяют сопротивление. Затем провод рихтуют, проводя через систему роликов, и наматывают на барабан равномерными рядами. В процессе рихтовки отдельные куски провода сваривают встык на стыковочной машине МС-3 без применения присадочного материала. Место сварки отжигают и зачищают до диаметра провода.

Следующая операция — волочение провода. Она проводится на волочильном станке, схема которого показана на рис. 20-13.

Барабан с проводом для волочения 9 закрепляют на станке. Провод через ролик 8 проходит ванночку 7 со смазывающей и охлаждающей жидкостью и через направляющий ролик 6 подается в калибр 5. Калибр изготовляют из твердого сплава и он является инструментом при волочении. Проходя калибр, провод изменяет свой диаметр на меньший. За калибром установлен тянущий барабан 4, который протягивает провод через калибр. На раскладчике 3 укреплен ролик укладки 2, который производит раскладку провода на приемный барабан 1. На качество поверхности провода при волочении большое влияние оказывает инструмент и охлаждающая жидкость. Процесс волочения проводят несколько раз до получения провода диаметром, соответствующим ГОСТу.

При волочении происходит наклеп проволоки, изменение ее механических и электрических характеристик. Для восстановления свойств проволоки ее отжигают в печах колокольного типа без доступа воздуха при температуре 480—520 °С в течение 2 ч с последующим охлаждением в воде. Благодаря тому что отжиг проводят в безвоздушной среде, поверхность проволоки не окисляется.

Эмалирование проволоки представляет собой процесс нанесения жидкого лака на поверхность проволоки с последующей сушкой в печи. На рис. 20-14 показана схема машины для эмалиро-

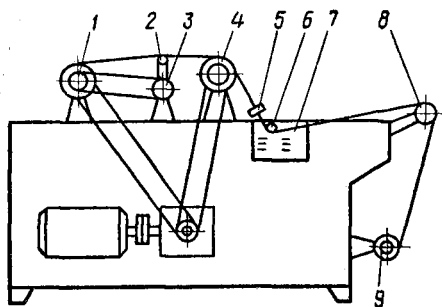


Рис. 20-13. Схема волочильного станка

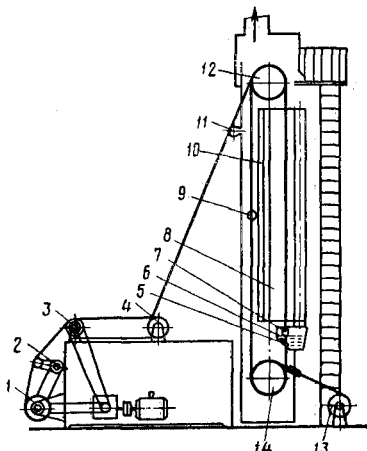


Рис. 20-14. Схема машины для эмалирования

вания. Барабан с проволокой 13 закрепляют на вращающемся валу и через нижний ролик 14 и войлочный сальник 5 он поступает в ванночку с лаком 6; затем проходит фильеру 7 и через сушильную печь 8 поступает на верхний ролик 12, с которого возвращается в нижний ролик. Нижний и верхний ролики имеют семь фильер, и провод семь раз проходит эмалирование и сушку в печи после каждого покрытия лаком. Печь нагревается элементами 10 типа ТЭН. Успокоитель 9 не позволяет проводу колебаться в печи. С верхнего барабана, после семикратного эмалирования, провод через ролик 11, барабан 4 и приводной барабан 3 поступает на приемный барабан 1. Ровную раскладку провода на приемном барабане осуществляет укладчик 2. После эмалирования провод подвергается испытаниям в соответствии с ГОСТом.

### § 20-5. Схемы обмоток и изоляция статоров с обмоткой из круглого провода

Обмотки статоров асинхронных двигателей мощностью до 60—80 кВт изготовляют из круглого провода. В трехфазных электрических машинах по конструктивным признакам различают одно- и двухслойные обмотки. Однослойные обмотки используют в машинах мощностью до 10—15 кВт. Однослойные обмотки могут быть равнокатушечными, concentрическими компактными и concentрическими вразвалку (рис. 20-15, а, б, в). Они отличаются только длиной и геометрией лобовых частей, а расположение проводников в пазу у всех трех обмоток одинаково. Поэтому в электрическом отношении они практически равнозначны.

Двухслойные обмотки могут быть равнокатушечными, однодвухслойными concentрическими и двухслойными concentрическими (рис. 20-16, а, б, в). Однодвухслойные concentрические и двухслойные concentрические обмотки разработаны в последние годы для механизированного способа укладки. Все три вида обмоток в электрическом отношении практически равнозначны. Равнокатушечные двухслойные обмотки состоят из катушек одинаковой формы.

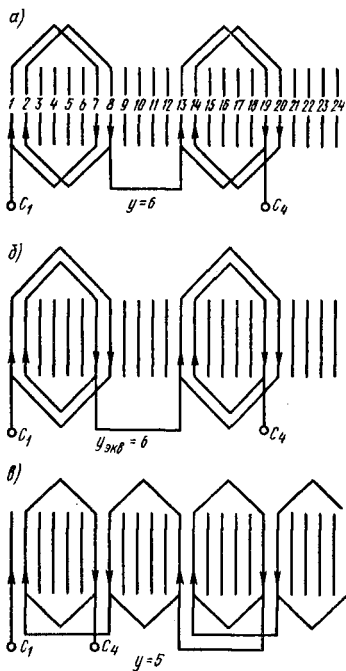


Рис. 20-15. Конструкция однослойных обмоток (показана одна фаза):

а — равнокатушечная; б — concentрическая компактная; в — concentрическая вразвалку;  $Z=24$ ;  $m=3$ ;  $2p=4$ ;  $y$  — шаг по пазам;  $C_1, C_4$  — начало и конец фазы

Одна сторона каждой катушки располагается в верху паза, а другая в низу паза. Такую обмотку можно уложить только вручную с подъемом шага.

Одно-двухслойная концентрическая обмотка состоит из катушек одной формы, но они имеют размеры разные, при этом катушки располагаются друг относительно друга концентрически. В каждой катушечной группе имеются большая катушка, которая заполняет весь паз,— в этом пазу получается однослойная обмотка, и малые катушки, которые заполняют половину паза, а вторую половину паза заполняет катушка из другой катушечной группы, поэтому в таких пазух обмотка двухслойная. Двухслойная концентрическая обмотка состоит из катушек такой же формы и размеров, как и одно-, двухслойная обмотка. При укладке в каждом пазу располагают по две катушки и каждая катушка занимает половину паза. Часть катушек обеими сторонами лежит на дне паза или на его верху, а часть катушек одной стороной лежит на дне паза, а второй стороной на его верху.

В асинхронных электродвигателях серий А и А2 обмотки изготовляют вручную. При изготовлении однослойных обмоток используют равнокатушечную схему (см. рис. 20-15, а) или концентрическую (см. рис. 20-15, б), а при изготовлении двухслойных обмоток равнокатушечную схему (см. рис. 20-16, а). В этих сериях использованы провода типов ПЭЛБО, ПБД, имеющие изоляцию толщиной 0,19—0,27 мм на диаметр и ПЭВ с изоляцией 0,06—0,13 мм на диаметр. Корпусная изоляция, как правило, многослойная и общая толщина составляет 0,6 мм на сторону. Клинья изготовлены из твердых пород дерева и имеют толщину 2,0—3,0 мм. Изоляция между фазами также имеет толщину 0,6 мм. Примеры размеров паза при однослойной и двухслойной всыпных обмотках приведены на рис. 20-17.

В асинхронных электродвигателях серии 4А, выпускаемых в настоящее время, обмотки большинства машин изготовляют машинным способом; вручную изготовляют обмотки некоторых специальных машин и машин, выпускаемых в очень небольших количествах. Механизация основных операций при изготовлении обмоток позволяет снизить трудоемкость изоляционно-обмоточных работ в 8—12 раз, повысить качество обмоток и улучшить использование активных материалов машины. Поэтому при проектировании серии обеспечена максимальная технологичность обмоток.

Для однослойных обмоток используют концентрическую схему (см. рис. 20-15, б), а при изготовлении двухслойных обмоток схемы одно-двухслойную концентрическую (см. рис. 20-16, б) и двухслойную концентрическую (см. рис. 20-16, в). В серии используется провод с эмалевой изоляцией типа ПЭТМ, ПЭТВ, ПЭТ-155 и др., имеющий изоляцию толщиной 0,08 мм на диаметр. Корпусная изоляция, как правило, однослойная толщиной 0,19—0,25 мм на сторону. Клинь-крышку изготовляют из того же материала, что и пазовую изоляцию, но толщиной 0,25—0,35 мм. Провода и изоляция соответствуют требованиям машинной намотки. Примеры

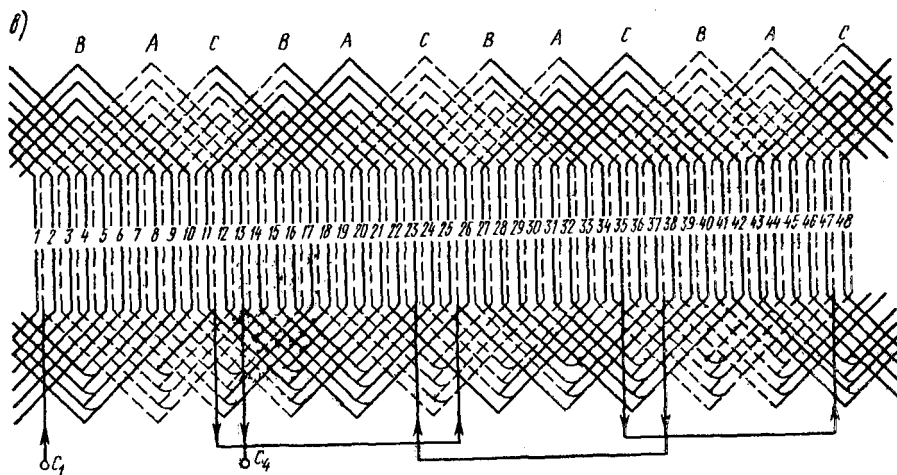
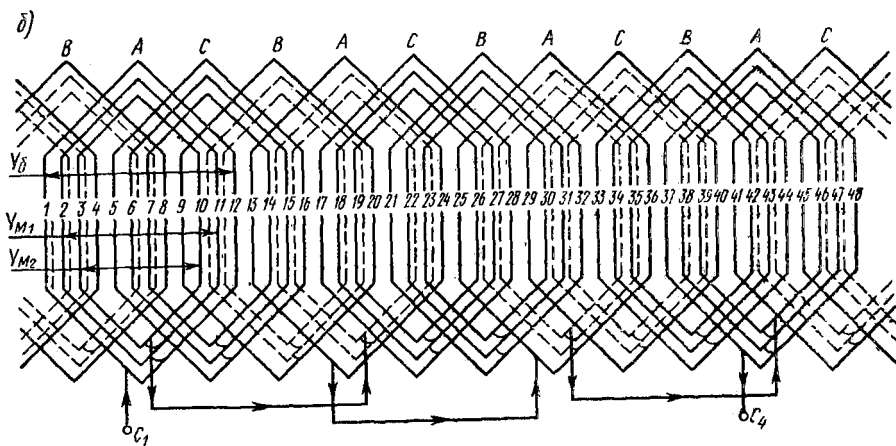
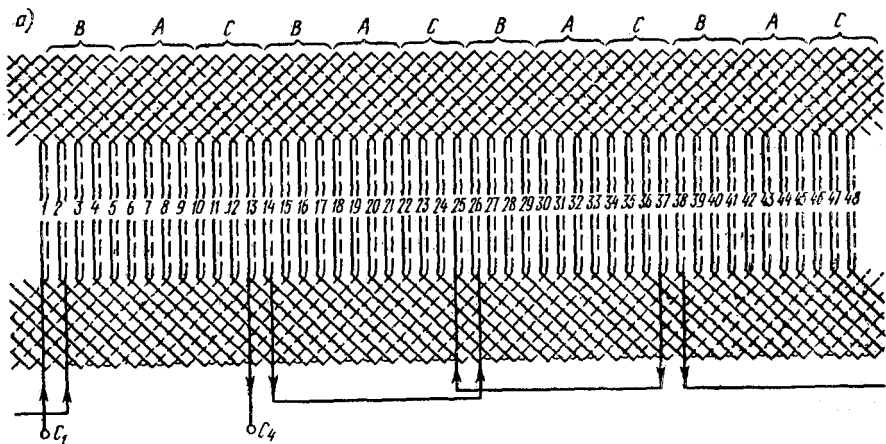


Рис. 20-17. Паз статора с однослойной (а) и двухслойной (б) всыпными обмотками электродвигателей серий А и А2:

1 — клин; 2 — корпусная изоляция; 3 — катушка однослойной обмотки; 4 — верхняя катушка двухслойной обмотки; 5 — прокладка между слоями обмотки; 6 — нижняя катушка двухслойной обмотки; 7 — прокладка под клин

размеров пазов при двухслойной и однослойной обмотках приведены на рис. 20-18.

При ремонте обмотки стараются сохранить все ее параметры, — шаг, количество витков в пазу, диаметр провода по меди, геометрическую форму. Для однослойных обмоток это не представляет трудностей. Равнокатушечная и концентрическая обмотки имеют практически одинаковую трудоемкость и одинаково удобны при укладке. В двухслойных обмотках изготовление и укладка равнокатушечной обмотки известны, достаточно просты и не сложны для понимания. Обмотки машинной намотки более сложны и трудоемки при ручном изготовлении и понимании схемы. Поэтому

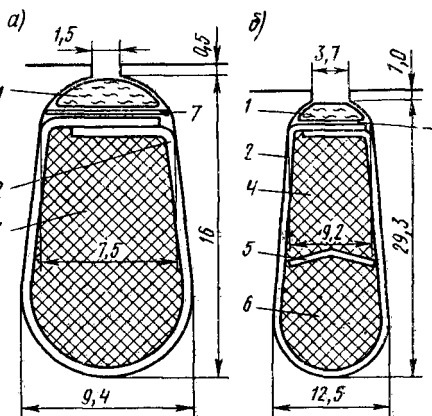
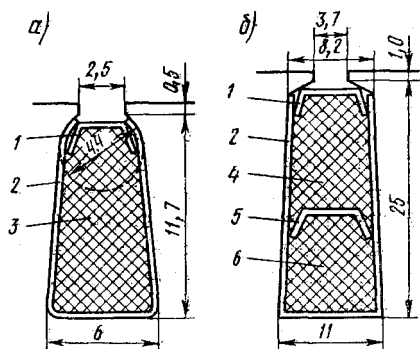


Рис. 20-18. Паз статора с однослойной (а) и двухслойной (б) всыпной обмотками электродвигателей серии 4А:

1 — клин-крышка; 2 — корпусная изоляция; 3 — катушка однослойной обмотки; 4 — верхняя катушка двухслойной обмотки; 5 — прокладка между слоями обмотки; 6 — нижняя катушка двухслойной обмотки



при ремонте возможно одно-двухслойные концентрические и двухслойные концентрические заменить на двухслойные равнокатушечные. При этом диаметр провода и количество витков в пазу остаются прежними; производят расчет шага равнокатушечной обмотки и изменяют форму катушек.

При пересчете одно-двухслойной концентрической обмотки на равнокатушечную шаг равнокатушечной обмотки

$$y = \frac{(2y_0 + y_{m1} + y_{m2} + \dots + y_{m(q-2)})}{q}$$

Рис. 20-16. Конструкция двухслойных обмоток:

а — равнокатушечная; б — одно-двухслойная концентрическая; в — двухслойная концентрическая;  $Z=48$ ;  $m=3$ ;  $2p=4$ ;  $y_{квб}=10$  (соединения показаны для фазы А);  $C_1, C_4$  — начало и конец фазы

где  $y$  — шаг равнокатушечной обмотки;  $y_6$  — шаг большой катушки одно-двухслойной обмотки, занимающей весь паз;  $y_{м1}$ ,  $y_{м2}$  — шаг первой и второй маленьких катушек одно-двухслойной обмотки;  $q$  — число пазов на полюс и фазу.

Например, для обмотки (см. рис. 20-16, б) шаг равнокатушечной обмотки

$$y = (2 \cdot 11 + 9 + 7) / 4 = 9,5.$$

Полученный результат округляем до целого большого числа и получаем шаг, равный  $y = 10$ .

При пересчете двухслойной концентрической обмотки на равнокатушечную шаг равнокатушечной обмотки

$$y = (y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{(q-2)}) / q,$$

где  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  — шаг первой, второй и третьей катушек двухслойной концентрической обмотки.

Например, для обмотки (см. рис. 20-16, в) шаг равнокатушечной обмотки

$$y = (13 + 11 + 9 + 7) / 4 = 10.$$

В большинстве случаев в электрических машинах небольшой мощности при ремонте в качестве пазовой изоляции используют пленкокартон толщиной 0,25 мм. Эта изоляция тоньше, чем изоляция в машинах серий А и А2, но толще, чем в серии 4А. Поэтому замена обмотки в старых сериях производится легко (коэффициент заполнения паза  $k_{з.п}$  уменьшается), а в новых сериях тяжело ( $k_{з.п}$  повышается). Следует также учесть, что при ремонте используют провода с эмалевой изоляцией, которая имеет ту же толщину, что и изоляция в проводах новых серий, но более тонкая, чем изоляция проводов, используемых в старых сериях.

В качестве примера рассмотрим изменение  $k_{з.п}$  при замене обмотки в электродвигателях старой серии АО2-22-4 и новой серии 4А80В4 мощностью  $P = 1,5$  кВт,  $n_c = 1500$  об/мин (пазы электродвигателей приведены на рис. 20-17, а и 20-18, а). Данные расчета сделаны в табл. 20-2.

Из табл. 20-2 видно, что  $k_{з.п}$  у электродвигателя АО2-22-4 снижен, что приведет к снижению трудоемкости, уменьшению вероятности повреждения изоляции провода при укладке. У электродвигателя 4А80В4  $k_{з.п}$  превышает принятые наибольшие величины в производстве, что приведет к повышению трудоемкости, увеличению вероятности повреждения изоляции провода при укладке. Слишком большой коэффициент заполнения паза в некоторых случаях требует использования провода меньшего сечения, что приводит к повышению нагрева двигателя выше допустимого значения (что снижает надежность и срок службы) или уменьшению мощности для того, чтобы нагрев не превышал допустимого значения. В отдельных случаях, когда двигатель имеет запас по нагреву и увеличение нагрева не превышает допустимого значения, возможно сохранение прежней мощности. Для определения нагрева двигателя необходимо провести его испытание при полной нагрузке.



Параметры	АО2-22-4		4А80В4	
	до ремонта	после ремонта	до ремонта	после ремонта
Площадь пазов в сердечнике $S_{\text{п}}$ , мм <sup>2</sup>	117,3	117,3	54,4	54,4
Толщина изоляции пазов, мм	0,6	0,25	0,19	0,25
Площадь пазовой изоляции с клином $S_{\text{из}}$ , мм <sup>2</sup>	36,8	17,2	7,68	17,45
Площадь пазов, занимаемая обмоткой, $S_{\text{св}} = S_{\text{п}} - S_{\text{из}}$ , мм <sup>2</sup>	80,5	100,1	46,75	36,95
Количество проводников в пазу $n$ , шт.	71	71	49	49
Диаметр изолированного провода $d_{\text{из}}$ , мм	0,9	0,86	0,805	0,805
Коэффициент заполнения пазов $k_{з.п} = nd_{\text{из}}^2 / S_{\text{св}}$	0,714	0,526	0,68	0,862

### § 20-6. Укладка обмоток из круглого провода в статор

Укладка обмотки в статор содержит следующие операции: нарезку изоляции; намотку провода на шаблон; изолирование пазов; всыпание проводников в пазы; забивку клиньев; сборку схемы; пайку схемы и выводных концов; увязку (бандажирование) лобовых частей. Как правило, все операции выполняет один рабочий.

Сначала нарезают пазовую изоляцию, изоляцию под клин, межслойную (для двухслойных обмоток) изоляцию в паз и межслойную изоляцию лобовых частей. На рис. 20-19 показаны форма и размеры изоляции. Корпусная изоляция должна на 4—6 мм выступать из сердечника. Она должна плотно облегать паз и допускать два изгиба под прокладку клина (см. рис. 20-17). Межслойная изоляция в пазу может иметь длину на 4—6 мм больше длины сердечника или иметь такую длину, чтобы можно было ею закрыть лобовую часть катушки при укладке. Изоляцию, имеющую прямоугольную форму, можно нарезать на ручных или механических ножницах, а фигурную — ручными ножницами.

Намотку провода выполняют на станках с ручным или механическим приводом, при этом на станок крепят шаблон. Ввиду большой номенклатуры ремонтируемых машин используют универсальные шаблоны, которые легко перенастраивают.

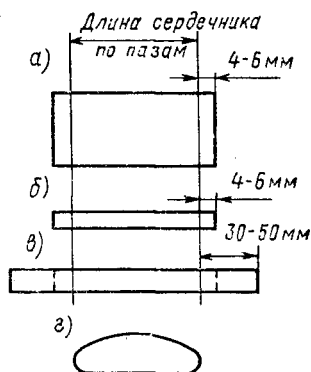


Рис. 20-19. Форма и размеры изоляции:

а — корпусная; б — прокладка под клин; в — прокладка между слоями обмотки; г — прокладка между фазами обмотки в лобовых частях

вают на намотку катушек различной длины и формы. При необходимости на ремонтном участке может быть несколько универсальных шаблонов, каждый из которых позволяет наматывать определенные катушки.

На рис. 20-20, а показан шаблон для намотки равнокатушечной обмотки, а на рис. 20-20, б concentрической. Катушки наматывают одной катушечной группы, не обрезая провода; если обмотка равнокатушечная и в фазе небольшое количество катушек, можно наматать сразу всю фазу. Например, обмотку одной фазы, показанной на рис. 20-15, а, состоящей из четырех катушек, можно наматать всю сразу. При намотке всей фазы не требуется пайка между катушечными группами, что повышает надежность машины и снижает трудоемкость работ на пайке.

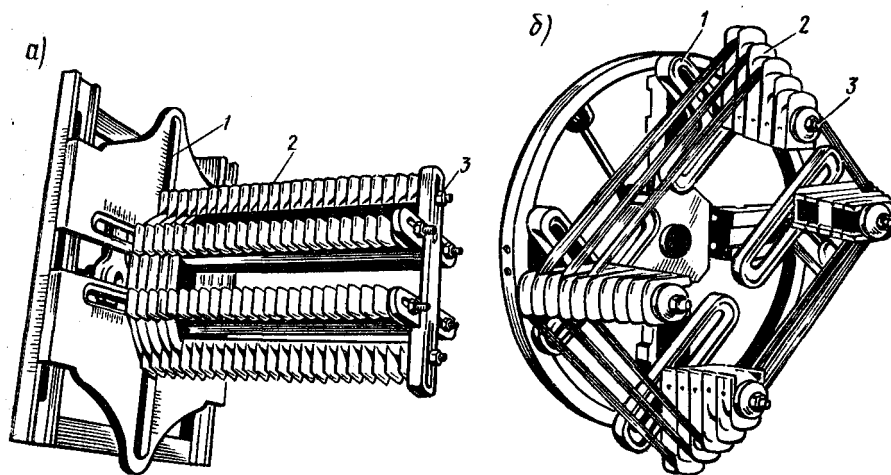


Рис. 20-20. Универсальные шаблоны для намотки равнокатушечной (а) и concentрической (б) обмоток

Перед намоткой универсальный шаблон настраивают на нужный размер. Главный размер шаблона — длина витка катушки. Для настройки отпускают гайки 3 и передвигают по пазам 1 подвижные части 2 (рис. 20-20). Длину витка измеряют мерной проволокой. Размер длины витка может быть задан технологом цеха, определен при разборке обмотки или определен по сердечнику перед укладкой. При намотке катушкам не обязательно придавать совершенно точную форму. Катушки из круглого провода достаточно мягкие и при укладке не трудно придать им нужную форму.

Следующая операция *всыпание витков в пазы*. Статор устанавливают на стол, осматривают пазы, которые должны быть чистыми; зубцы должны плотно прилегать друг к другу, особенно на краях сердечника. В пазы устанавливают пазовую изоляцию 1 (рис. 20-21). В паз, в который начнут всыпать витки, устанавли-

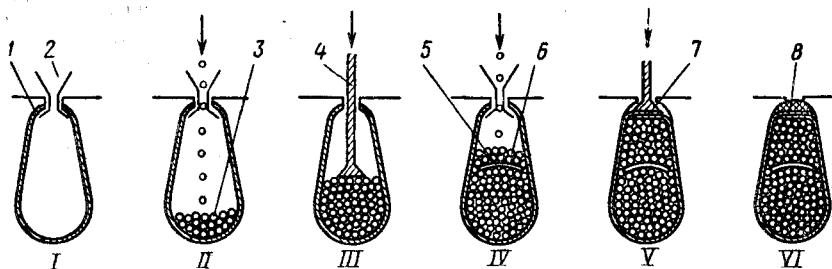


Рис. 20-21. Последовательность всыпания проводников в паз статора

вают технологические прокладки 2 (позиция I) и по одному заводят проводники одной стороны катушки 3 (позиция II). Всыпав нижний слой обмотки, подбойкой 4 (позиция III) уплотняют витки. Подбойка должна иметь полированную рабочую поверхность, чтобы не повредить изоляцию проводников.

Затем устанавливают межслойную прокладку 5 (позиция IV) и всыпают верхний слой обмотки 6. Уплотняют верхний слой, снимают технологические прокладки, загибают подбойкой края изоляции 7 (позиция V), как показано на рисунке; устанавливают прокладку под клин и забивают клин 8 (позиция VI). Если клин заходит в паз очень свободно, устанавливают несколько прокладок под клин или два клина. Необходимо сделать так, чтобы обмотка в пазу располагалась плотно. При неплотном расположении обмотки, несмотря на пропитку, она может во время работы смещаться в осевом направлении, что приведет к ее выходу из строя.

При всыпании витков однослойной обмотки всыпают одну сторону катушки, а затем вторую; при этом межслойная прокладка не требуется. При всыпании двухслойной обмотки порядок иной.

Рассмотрим порядок всыпания проводников в статор, имеющий 12 пазов и шаг обмотки по пазам 1—4. Первые катушки, число которых равно шагу обмотки по пазам, укладывают одной стороной в низ пазы (рис. 20-22), а вторую сторону оставляют внутри сердечника, так как в тех пазках, где они должны располагаться в его верху, низ пазы еще свободен. Следующие катушки (4, 5 и др.) укладывают одной стороной в низ пазы, а другой в верхнюю часть па-

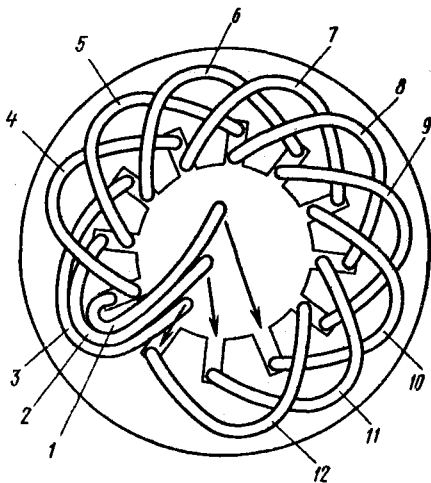


Рис. 20-22. Последовательность укладки катушек в пазы статора:  
1—12 катушки

за, так как в нижней части паза уже имеется ранее уложенная катушка. Перед укладкой последних трех катушек неуложенные стороны катушек стгибают для облегчения укладки. После того как уложена последняя 12-я катушка, укладывают вторые стороны первых трех катушек в верх пазов, начиная с катушки 3. Укладку вторых сторон первых катушек называют *укладкой замка*, а это место в обмотке — *замком*. С уменьшением числа пар полюсов машины увеличивается шаг обмотки и число катушек в замке. Это вызывает увеличение трудоемкости укладки и усложняет ее, поэтому наиболее тяжелыми в укладке являются двухполюсные машины.

При укладке катушек между лобовыми частями для изоляции устанавливают прокладку (рис. 20-19, г). Лобовые части равняют ударами молотка через прокладку из мягкого материала.

После укладки катушек выполняют соединение и пайку или сварку схемы и выводных проводов. Соединение схемы выполняют собственным проводом катушек в соответствии с чертежом. Провода обрезают на нужную длину; зачищают их от эмалевой изоляции; скручивают и сваривают. Для сварки один конец сварочного трансформатора присоединяют к скрутке, а другой конец — к угольному электроду и, касаясь угольным электродом торца скрутки, оплавливают ее. Также приваривают выводные кабели.

*Увязку лобовых частей* выполняют шнуром, который протягивают между катушками проволочной иглой, изготовляемой из стальной мягкой проволоки, изгибая ее вдвое и сваривая два конца проволоки.

При ремонте или замене всыпных обмоток из круглого провода их испытывают напряжением промышленной частоты согласно табл. 20-3.

Т а б л и ц а 20-3

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ, для электродвигателей мощностью, кВт	
	0,2--10	более 10 до 1000
Обмотки после укладки в пазы до пайки катушечных соединений	2,5	3,0
Обмотки после пайки и изолировки межкатушечных соединений, если намотка производится по группам или катушкам	2,3	2,7
Обмотка после пропитки и запрессовки обмотанного сердечника	2,2	2,5
Главная изоляция обмотки собранного электродвигателя	2 $U_{ном} + 1$ , но не ниже 1,5	

### § 20-7. Укладка низковольтных обмоток из прямоугольного провода в статор

Замена низковольтных обмоток из прямоугольного провода силами ремонтных цехов и участков предприятий производится редко. Поэтому такие обмотки не изготовляют собственными сила-

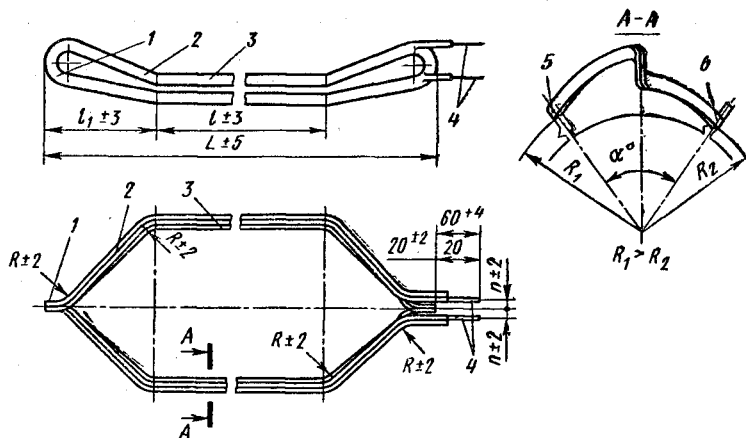


Рис. 20-23. Многовитковая статорная катушка из прямоугольного провода для низковольтных машин

ми, а получают готовыми с заводов-изготовителей двигателей или ремонтных предприятий в виде запасных частей.

Многовитковая статорная катушка из прямоугольного провода показана на рис. 20-23. Катушка имеет прямолинейную пазовую часть 3 и лобовую часть, состоящую из прямолинейного участка 2 и головки 1. На лобовой части расположены два выводных конца 4. Одна сторона пазовой части катушки укладывается в низ паза 5, а вторая в верх паза 6. Пазовые части развернуты на угол  $\alpha$  и расположены на разных радиусах от центра. Каждая катушка состоит из двух полукатушек, которые заводят в паз раздельно, так как используется полукруглый паз, шлиц которого немного больше, чем половина ширины катушки. Катушка имеет сложную геометрическую форму.

При укладке обмотки статор необходимо кантовать. Наиболее удобно это делать, используя кантователи (рис. 20-24). Статор 2 помещают на стол 3 и укрепляют струбцинами 1. Поворот осуществляют маховиком 6 через систему самотормозящихся шестерен. Сиденья 5 позволяют работать сидя. Катушки, подлежащие укладке, размещают на столе 4.

Последовательность укладки катушек в пазы такая же, как и при укладке двухслойной обмотки из круглого провода (см. рис. 20-22). Последовательность заведения катушек в пазы несколько иная. Перед укладкой катушек в пазы выполняют изолировку пазов. На дно паза устанавливают прокладку 9 (см. рис. 20-6) для предохранения корпусной изоляции от повреждения при укладке и осадке катушек. Устанавливают корпусную изоляцию 8, толщиной 0,55 мм. Затем заводят одну полукатушку 7 и вторую полукатушку 6. Осаживают их подбойкой и молотком и устанавливают межфазовую прокладку 5. После этого укладывают полукатушки 4 и 3,

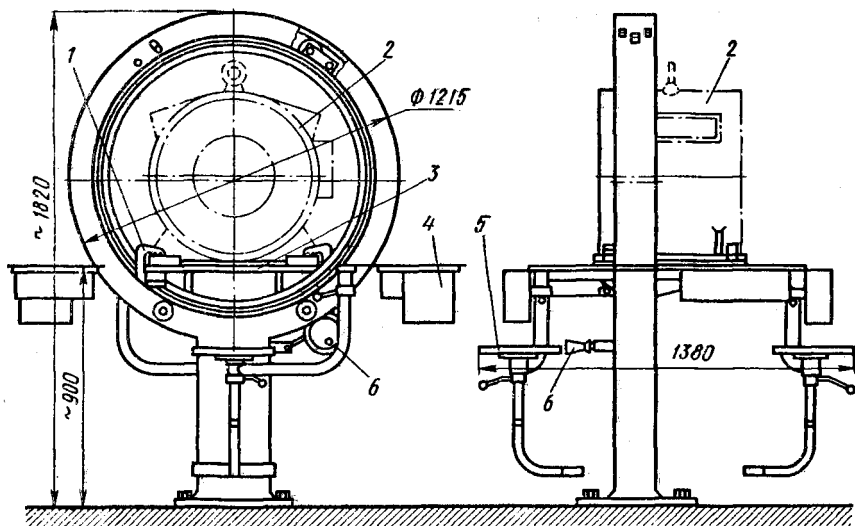


Рис. 20-24. Кантователь для укладки обмотки в статоры средних габаритов

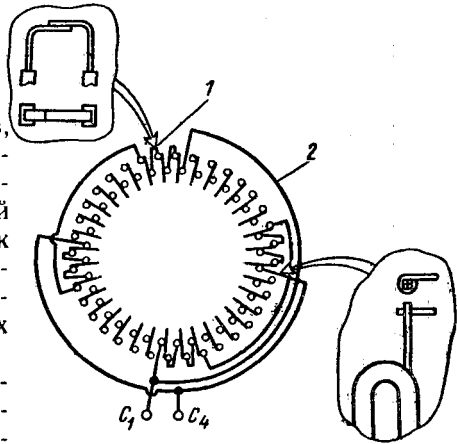
загибают края изоляции, устанавливают прокладку под клин 2 и забивают клин 1. Прокладки имеют толщину 1 мм и изготавливаются из стеклотекстолита.

В процессе укладки катушек в пазы делают правку лобовых частей. Для того чтобы лобовые части обмотки в переходных режимах работы машины не смещались, между ними устанавливают прокладки 4 (см. рис. 13-12), которые бандажируют к катушке. Прокладки изготовляют из твердого материала соответствующего класса нагревостойкости, например из стеклотекстолита. Увязку катушек и прокладок выполняют так, чтобы все катушки были скрепленными между собой. При очень больших вылетах лобовых частей (как правило, у машин двух- и четырехполюсных) для лучшего крепления обмотки лобовые части дополнительно бандажируют к кольцу 2, которое устанавливается ближе к головкам катушек.

После укладки выводные концы и схему соединяют и паяют, размечая расположение выводных концов. Разметка заключается в перенесении на обмотку обозначений схемы чертежа с установкой мест припайки выводных кабелей и мест пайки межгрупповых соединений. При этом стремятся сделать так, чтобы длина выводных проводов была наименьшей. Сначала выполняют межкатушечные соединения. Выводы катушек изгибают, как показано на рис. 20-25, и проваривают медно-фосфорным припоем. Для того чтобы припой не попал на головки катушек и не повредил их, головки закрывают мокрым асбестом. Расстояние между сваркой и головкой катушки выдерживают таким, чтобы можно было изолировать место сварки. Качество сварки проверяют визуально. Припой должен быть ровно распределен по месту сварки; не до-

Рис. 20-25. Сборка схемы обмотки из прямоугольного провода:

1 — межкатушечное соединение; 2 — межгрупповое соединение



лжно быть больших наплывов, острых выступов и т. п. Головки изолируют лентами в несколько слоев; последний слой защитный. Затем приступают к сборке межгрупповых соединений. В обмотках имеется большое количество различных схем.

На рис. 20-25 приведена схема соединений одной фазы четырехполосной машины, имеющей две параллельные ветви, по две соединенные последовательно катушечные группы в каждой ветви. Для соединения одной фазы необходимы две шинки из шинной меди, имеющие размер полукольца, и две шинки, имеющие размер четверти кольца. Шинки изготовляют по месту. Сечение шинок рассчитывают на половину номинального тока (для данного случая). Концы шинок изгибают колечком и надевают на выводной конец соответствующей катушки. Места соединений проваривают медно-фосфорным припоем, а место сварки и всю шинку изолируют.

Затем увязывают схему. Между головками катушечных соединений прокладывают дистанционные прокладки и обвязывают их шнуром вместе с головками. На головки (в некоторых случаях сбоку) укладывают шинки межгрупповых соединений и обвязывают их вместе. При необходимости между шинками устанавливают дистанционные прокладки. После проведения контрольных операций статор отправляют на пропитку.

В редких случаях при ремонте необходимо заменить одну или несколько катушек статора. Для этого выбивают клинья, поднимают верхние части катушек шага (замка) и достают вышедшую из строя катушку. Затем устанавливают новую изоляцию паз, ремонтируют или заменяют катушку, укладывают ее в паз, после чего укладывают в пазы поднятые стороны катушек. На место выбитых клиньев устанавливают новые клинья.

При таком ремонте имеется опасность повредить изоляцию пазов, из которых достают верхние части катушек, повредить витковую изоляцию поднимаемых катушек (катушки достаточно сильно деформируют), особенно в головках лобовых частей. Такой ремонт могут выполнить только рабочие высокой квалификации.

При полной замене обмотки из прямоугольного провода (жесткие катушки) в электродвигателях переменного тока обмотки испытываются напряжением промышленной частоты согласно табл. 20-4.

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ, для электродвигателей на номинальное напряжение, кВ							
	до 0,66	2	3	6	10	3	6	10
	Мощность до 1000 кВт					Мощность свыше 1000 кВт		
Отдельная катушка перед укладкой	4,5	11	13,5	21,1	31,5	13,5	23,5	34
Обмотка после укладки в пазы до пайки межкатушечных соединений	3,5	9	11,5	18,5	29	11,5	20,5	30
Обмотка после пайки и изолировки соединений	3	6,5	9	15,8	25	9	18,5	27
Главная изоляция обмотки собранной машины	$2 U_{\text{ном}} + 1$ , но не ниже 1,5	5	7	13	21	7	15	23

### § 20-8. Ремонт обмоток фазных роторов

Двигатели с фазным ротором предназначены для привода механизмов, требующих плавного регулирования частоты вращения вниз от номинальной, а также механизмов с особо тяжелыми условиями пуска. В серии А2 двигатели с фазным ротором выпускались начиная с габарита 4 и выше, а в серии 4А выпускают, начиная с высоты оси вращения 160 мм и выше. В серии А2 обмотка роторов всыпная из круглого провода, многovitковая из прямоугольного провода и стержневая. В серии 4А обмотка выполняется всыпной или стержневой. Пазы под обмотку показаны на рис. 20-26.

Ремонт всыпных обмоток роторов в некоторых приемах работы подобен ремонту всыпных обмоток статоров. Перед началом укладки ротор осматривают и производят изолировку нажимных шайб, обмоткодержателей и пазов. На шайбы накладывают два слоя изоляции в виде полосок, а обмоткодержатели обертывают несколькими слоями ленты. В пазы укладывают пазовую изоляцию в виде простынок.

Намотку катушечных групп производят на шаблоны. Порядок укладки катушек и заведение проводов в пазы такой же, как и у

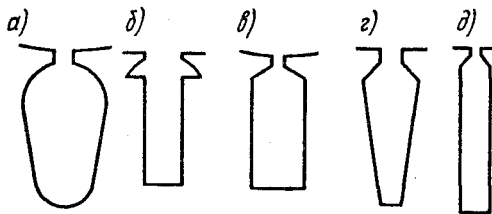


Рис. 20-26. Пазы роторов электродвигателей серии 2А (а, б, в) и 4А (г, д):

а, г — для всыпания обмотки из круглого провода; б — для многovitковой обмотки из прямоугольного провода; в, д — для стержневой обмотки



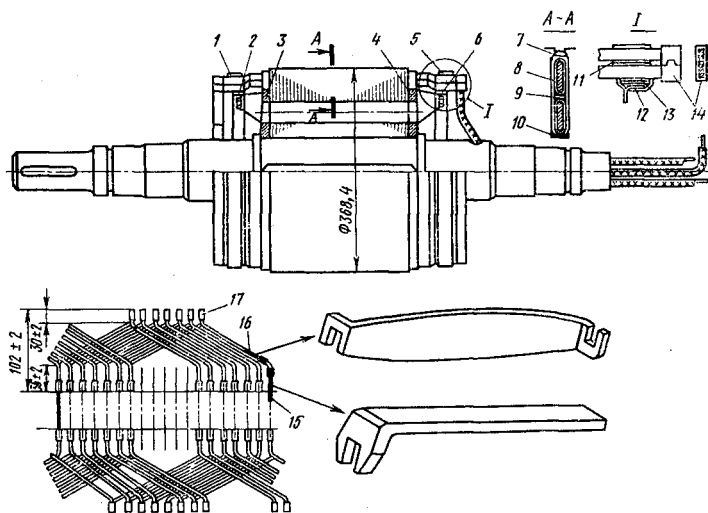


Рис. 20-27. Ротор со стержневой обмоткой

статоров. После укладки забивают клинья. Лобовые части роторов бандажируют (см. гл. 21), и ротор отправляют на пропитку.

Ремонт стержневой обмотки отличается от ремонта насыпной обмотки. Если стержневая обмотка на торцах сварена, то разобрать ее так, чтобы сохранить стержни для ремонта, нельзя. При сварке стержни на концах расплавляются и теряют свою форму. При ремонте таких роторов требуется новый комплект обмоток. Если стержневая обмотка на торцах пропаяна мягким припоем, то ее можно распаять, извлечь стержни и восстановить их.

Ротор с запаянными стержнями разбирают в следующем порядке. Горячим паяльником нагревают хомутики 14 на концах стержней 17 (рис. 20-27) и снимают их. Таким образом распаявают ротор с двух сторон. Затем начинают выпрямлять стержни с одной стороны ротора, пользуясь двумя ключами. Ключ 15 надевают на прямую часть стержня и удерживают его, а ключ 16 надевают на лобовую часть и разгибают ее. Первые стержни нельзя разогнуть полностью, так как этому мешают лежащие рядом стержни; поэтому стержень разгибают только на расстояние, равное расстоянию между стержнями, второй — на двойное расстояние и т. п. Затем такими же приемами разгибают концы стержней, на которых были надеты соединительные хомутики. Стержни разгибают с одной стороны и извлекают из пазов с другой стороны. Извлечение стержней из пазов требует значительных усилий, поэтому его выполняют специальным приспособлением (рис. 20-28), которое закрепляется на валу 4 хомутом 5

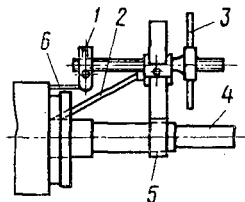


Рис. 20-28. Приспособление для извлечения стержней из пазов ротора

и распоркой 2. Конец извлекаемого стержня 6 закрепляют в зажиме 1, установленном на винте. При вращении гайки 3 винт вытягивает стержень из паза сердечника. Таким образом разбирают верхний и нижний ряды.

Восстановление стержней состоит из операций снятия старой изоляции, зачистки концов от припоя, отжига, рихтовки, наложения новой изоляции. Отжиг необходим для снятия наклепа. Его проводят при температуре 350 °С и затем охлаждают стержни в воде.

На прямолинейную часть стержней наносят изоляцию в виде промазанной клеем простынки, которой туго обворачивают прямолинейную часть, а затем запекают. Лобовые части изолируют лентами. Необходимо ленты накладывать так, чтобы обеспечить хороший стык между простынкой и лентой.

Укладку стержней начинают с изоляции сердечника (см. рис. 20-27). На нажимные шайбы 3 и 4 накладывают в два слоя полоски изоляции, а обмоткодержатели 2 и 6 обертывают двумя слоями изоляции в виде полосок 13 и закрепляют лентой 12. В паз устанавливают стеклотекстолитовую прокладку 10 и электронизолирующий картон 8 толщиной 0,13 мм для предохранения стержней при укладке. Стержни поступают на укладку с одной изогнутой лобовой частью. Перед заведением в пазы стержни натирают парафином для уменьшения усилия при заведении и сохранности изоляции. Сначала с торца заводят нижний ряд, осаживают его и накладывают временный бандаж на изогнутые концы. Затем делают гибку вторых концов с помощью двух ключей, используя те же приемы работы, что и при разгибании.

После гибки временный бандаж снимают, устанавливают изоляцию между слоями лобовых частей 11 и бандажируют ее. В пазы между слоями помещают прокладку 9. Затем с другой стороны заводят стержни верхнего ряда. В каждый паз загибают пазовые клинья 7 и изгибают лобовые части такими же приемами, как и стержни нижнего ряда. Верхние и нижние стержни соединяют хомутиками 14. К трем стержням нижнего ряда, являющимся началом фаз, хомутиками присоединяют три кабеля, которые выводят через три наклонных отверстия и центральное отверстие вала для соединения с контактными кольцами. Три верхних стержня, являющихся концами фаз, соединяют в звезду с нулевой шиной.

Для того чтобы не создавать неуравновешенности ротора, три выводных конца и соединение нулевых стержней располагают под углом 120°. При укладке следует учитывать, что стержни верхнего ряда имеют более длинные лобовые части, так как их укладывают по большему диаметру, чем нижние.

В собранном роторе выполняют пайку хомутиков (паяльником или в ванне), накладывают бандажи (см. гл. 21) и отправляют на пропитку. При полной смене обмотки ротора ее испытывают напряжением промышленной частоты согласно данным, приведенным ниже.

Испытуемый объект	Испытательное напряжение, кВ
Стержни обмотки после изготовления, но до закладки в пазы	$2U_{\text{рот}} + 3$
Стержни обмотки после закладки в пазы, но до соединения	$2U_{\text{рот}} + 2$
Обмотка после соединения, пайки и бандажирования	$2U_{\text{рот}} + 1$
Контактные кольца до соединения с обмоткой	$2U_{\text{рот}} + 2,2$
Оставшаяся часть обмотки после выемки заменяемых катушек (секций, стержней)	$2U_{\text{рот}}$ , но не ниже 1,2
Вся обмотка после присоединения новых катушек (секций, стержней)	$1,7U_{\text{рот}}$ , но не ниже 1,0

Примечание:  $U_{\text{рот}}$  — напряжение на кольцах при разомкнутом и неподвижном роторе и номинальном напряжении на статоре.

## § 20-9. Пропитка обмоток статоров и роторов

Статоры, роторы, катушки аппаратов подвергают пропитке. *Пропиткой* принято называть процесс заполнения обмотки и ее изолировки специальными лаками или составами с последующей запечкой. В процессе пропитки воздушные включения и пустоты в обмотках и изоляции заполняются лаками, что приближает ее конструкцию к монолиту. Пропитку выполняют составами без растворителей или лаками на основе растворителей с содержанием пленкообразующих веществ от 30 до 70 % в зависимости от лака и технологии пропитки.

Пропитка цементирует витки обмоток, снижает механический износ изоляции, замедляет процессы теплового старения и увлажнения электроизоляционных материалов, так как она уменьшает площадь их соприкосновения с окружающей средой. При этом повышается электрическая прочность изоляции вследствие заполнения пор и капилляров обмотки лаками, имеющими более высокую электрическую прочность, чем воздух. Пропитка снижает превышение температуры обмоток, так как теплопроводность лаков намного выше теплопроводности воздуха.

При выборе пропиточного лака учитывают класс нагревостойкости изоляции машины и применяемые электроизоляционные материалы для витковой и корпусной изоляции. В промышленности выбору лака для пропитки предшествует комплекс длительных исследований и испытаний систем «изоляция — лак». При ремонте возможности выбора изоляции и лака ограничены, поэтому можно привести примеры наиболее часто применяемых сочетаний. При пропитке обмоток из эмалированных проводов используют лаки марок МЛ-92, МГМ-8, КО-916к, КО-964Н, компаунды (составы без растворителей) КП-34, КП-103. Провода с волокнистой изоляцией допускают более широкий выбор пропиточного состава. Для них не представляет опасность высокая цементирующая способность пропиточного лака. Обмотки вращающихся частей при использовании проводов с волокнистой изоляцией пропитывают в компаундах, которые обеспечивают высокую цементацию, например компаунды типа КП, Б-ИД-9127.

Растворители лаков (ксилол, толуол) при сушке должны испариться и выделиться из обмоток в виде летучих, которые необходимо нейтрализовать или рассеять в атмосфере. Поэтому участки пропитки с лаками, как правило, располагают в отдельных помещениях с хорошей приточно-вытяжной вентиляцией. На небольших ремонтных участках ванну для пропитки и сушильную печь можно располагать в общем технологическом потоке, но они должны быть снабжены достаточной вытяжной вентиляцией. Составы без растворителей при отверждении не выделяют вредных летучих, поэтому оборудование для пропитки и сушки можно располагать в общем помещении.

В промышленности используют несколько способов пропитки и сушки. В ремонтном деле на промышленных предприятиях находит применение в основном способ погружения, а в крупных ремонтных цехах способ вакуума и давления. Сущность *способа погружения* состоит в том, что пропитываемое изделие предварительно сушат, погружают в ванну с лаком, и лак под действием гидравлического давления и капиллярных сил проникает в обмотку, вытесняя воздух, содержащийся в пространстве между проводниками. Затем изделие извлекают из ванны и после стекания излишнего лака растворителем замывают места, где нахождение лака недопустимо; затем проводят сушку. Сушка включает в себя две стадии: удаление растворителя и термообработку смолы для ее отверждения. Способ погружения является гибким технологическим процессом, позволяющим на одном оборудовании пропитывать изделия различных размеров и конструкций.

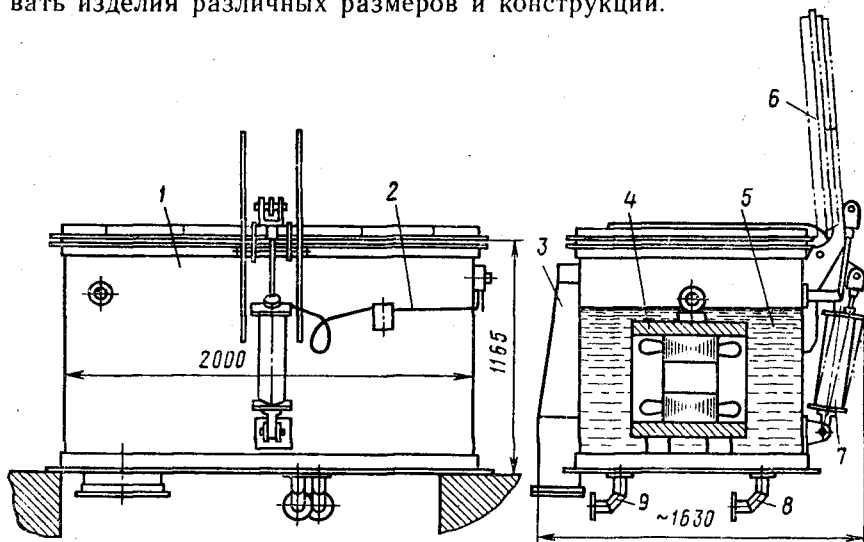


Рис. 20-29. Пропиточная ванна с пневматическим приводом для открывания и закрывания крышки:

1 — ванна; 2 — воздухопровод; 3 — кожух отсоса воздуха; 4 — пропитываемый статор; 5 — лак; 6 — крышка; 7 — пневматический цилиндр с системой рычагов; 8, 9 — трубы подвода и слива лака

Процесс пропитки включает в себя следующие этапы: сушка до пропитки; пропитка; замывка замков и выводных концов; сушка после пропитки. Сушку осуществляют в печах конвекционного подогрева. В последние годы получает распространение сушка в печах аэродинамического подогрева. Пропитке всегда предшествует сушка и нагрев изоляции. Это необходимо для удаления влаги из обмоток, а также для снятия внутренних напряжений в эмалевой изоляции проводов, которые возникают при эмалировании провода и намотки.

Длительность режима сушки для пропитки зависит от химического состава и физических свойств изоляционных материалов, степени увлажнения изоляции, температуры печи, скорости циркуляции воздуха и массы изделия, но не превышает 2—3 ч при температуре 120 °С. После сушки изделия охлаждают до температуры 60—70 °С и их погружают в ванну. Ванна (рис. 20-29) должна обязательно иметь крышку 6 и вытяжную вентиляцию 3 для отсоса с поверхности лака паров растворителя. Лак в ванну подают снизу или он может находиться в ванне постоянно. Изделие усганавливают в ванну так, чтобы воздух мог свободно подниматься вверх и не образывались воздушные мешки. При этом вязкость лака должна быть небольшой, чтобы он лучше проникал в обмотку, и в то же время вязкость лака должна быть такой, чтобы он не вытекал после того, как изделие извлекут из ванны и будут сушить в печи.

Обычно при пропитке погружением используют маловязкие лаки с вязкостью 40—45 с (вязкость определяется по вискозиметру ВЗ-4 при температуре лака 20 °С) и содержанием пленкообразующих веществ 51—58%. Для того чтобы внести в обмотку необходимое количество лака, выполняют несколько пропиток. После каждой пропитки узел сушат в течение 8—17 ч. При первой пропитке время нахождения изделия в лаке от 20 мин до 1 ч, а при следующих — от 10 до 20 мин. Заполнение пор и пустот в изоляции обмоток происходит в основном при первой пропитке, а последующие пропитки фактически являются покровными.

После пропитки лак удаляют из ванны, и в течение 15—30 мин изделие находится в ванне для стекания излишков лака. Места, в которых присутствие лака недопустимо, замывают (замки и выводные концы). Замывку производят растворителем лака на рабочем месте с вытяжной вентиляцией. Затем изделия загружают в печь для сушки. Для удаления растворителей в начале сушки температура свыше 110—130 °С нежелательна, так как могут произойти частичное удаление лака из пор и капилляров и частичное запекание пленки. В случае, если окончательная сушка должна производиться при температуре 150 °С, сушку выполняют в две ступени, поднимая температуру после того, как произошло удаление растворителя.

Сушность *способа вакуума и давления* состоит в том, что изделие помещают в автоклав, создают вакуум и, сохраняя его, подают в автоклав лак. Когда уровень лака станет выше изделий,

создают давление на поверхность лака. После снятия давления еще раз создают вакуум и только после этого извлекают изделие из автоклава. Отсутствие воздуха в изделии способствует глубокому проникновению лака в обмотку, а создание давления после того, как лак заполнит автоклав, способствует этому еще больше. Обмотка хорошо заполняется лаком. При таком способе пропитки можно использовать лаки с вязкостью 55—100 с. После пропитки создание вакуума приводит к испарению более половины летучих веществ и повышению вязкости лака. При этом лак становится настолько вязким, что практически не вытекает из обмотки после пропитки и во время сушки.

Использование более вязкого лака, чем при пропитке погружением, и повышение его вязкости сразу после пропитки позволяет за одну пропитку внести в обмотку примерно столько же лака, сколько вносится при двукратной пропитке погружением. Поэтому при способе вакуума и давления пропитку проводят только один раз. Использование более вязкого лака требует меньшего времени для

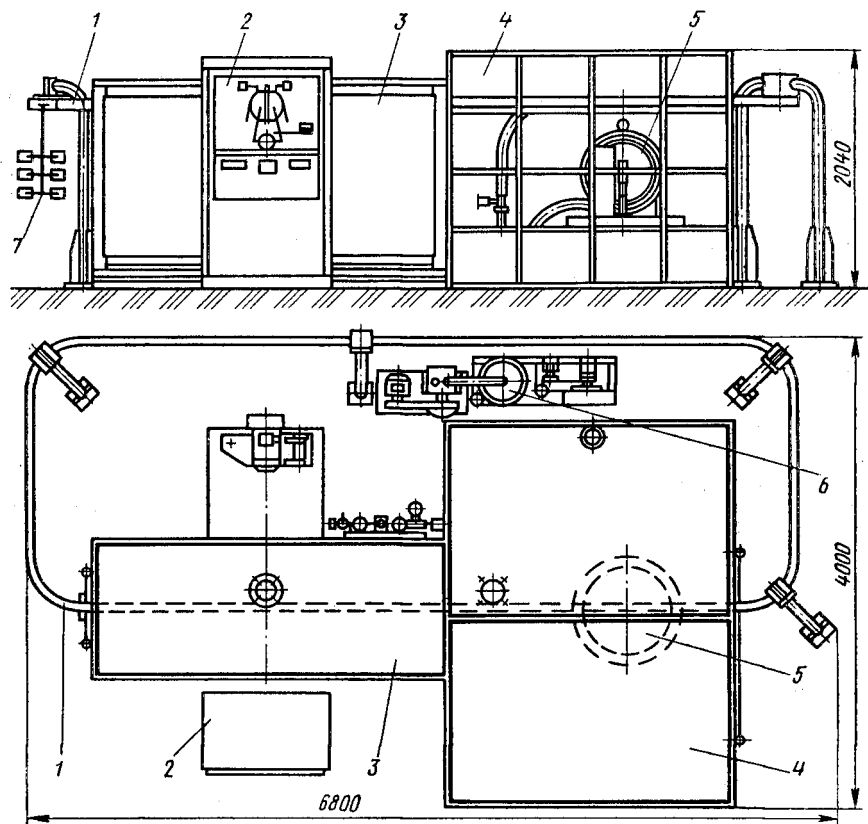


Рис. 20-30. Полуавтоматическая пропиточная установка типа АВВ-4

сушки. Время пропитки и сушки сокращается в 4—6 раз по сравнению со способом погружения. Особенно эффективен способ вакуума и давления для многovitковых катушек из тонкого провода (обмотки электрических машин небольшой мощности, катушки аппаратов и реле и т. п.).

На рис. 20-30 показана полуавтоматическая установка типа АВБ-4 фирмы «Хитека» (ВНР) для пропитки под вакуумом и давлением малых серий. Установка состоит из конвейера 1, печи для сушки 3, автоклава 5, насосов для создания вакуума и давления 6, электрошкафа 2 и выгородки автоклава 4. Установка работает следующим образом. Пропитываемые изделия подвешивают на подвеску 7 и по конвейеру вручают в автоклав, в котором проводят пропитку в автоматическом цикле, и после пропитки ее возвращают в печь для сушки и запечки лака.

Автоклав представляет собой шаровой сосуд, состоящий из двух частей (рис. 20-31). Половины автоклава разводятся и подвеску 5 с навешенными на нее изделиями 7 вводят в зону автоклава. После смыкания автоклава резиновые уплотнения 2 обеспечивают его герметичность. Подвеска висит на металлической пластине 3,

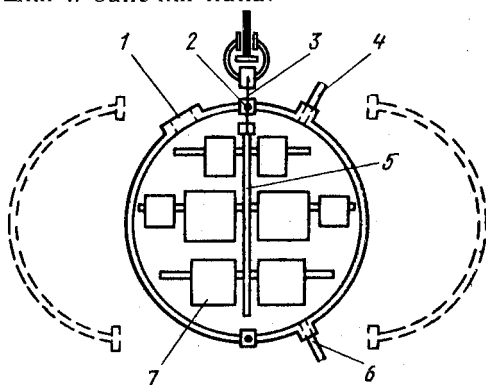


Рис. 20-31. Схема автоклава с подвеской

имеющей ширину 30—40 мм и толщину 0,5—0,3 мм. Вакуум и давление создаются через штуцер 4, а лак подают через штуцер 6. Смотровое окно 1 позволяет контролировать наличие лака.

Пропитку проводят в автоматическом цикле. В табл. 20-5 приведена циклограмма пропитки с указанием времени операций, давлений и вакуума.

Таблица 20-5

Операция	Время, мин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Закрытие автоклава	×	—	—	—	—	—	—	—
Вакуумирование до $2,7 \cdot 10^3$ Па	×	×	×	—	—	—	—	—
Снижение вакуума до $(13-40) \cdot 10^3$ Па	—	—	×	—	—	—	—	—
Заполнение автоклава лаком	—	—	×	—	—	—	—	—
Повышение давления до $(200-300) \times 10^3$ Па	—	—	—	×	×	—	—	—
Снятие давления и слив лака	—	—	—	—	×	×	—	—
Вакуумирование до $(5,0-13) \cdot 10^3$ Па	—	—	—	—	—	×	×	—
Снятие вакуума	—	—	—	—	—	—	—	×
Раскрытие автоклава	—	—	—	—	—	—	—	×

Цикл пропитки в зависимости от изделий можно изменять в пределах 6—16 мин.

### § 20-10. Ремонт высоковольтных катушечных обмоток статоров

Высоковольтную катушечную обмотку с термопластичной изоляцией можно заменить силами ремонтных служб предприятий. Комплект обмоток получают на предприятие как запасные части. Замена обмотки включает следующие технологические операции: разогрев катушек; укладка катушек в пазы; сборка схемы обмотки; пайка схемы и выводных кабелей; изолирование схемы.

Высоковольтные катушки имеют ту же геометрическую форму, как и низковольтные катушки из прямоугольного провода (см. рис. 20-23). Корпусную изоляцию, состоящую из нескольких слоев ленты на основе слюды, наносят на катушку до укладки, поэтому катушки укладывают в открытый паз (рис. 20-7). Перед укладкой осматривают зубцы и пазы статора. Катушки помещают в термостат и разогревают до температуры 100—110 °С. На дно паза устанавливают стеклотекстолитовую прокладку *б* (см. рис. 20-7) толщиной 1 мм. Из термостата достают поочередно катушки и укладывают в паз.

Для исключения возможности повреждения изоляции катушки о сердечник в паз устанавливают две тонкие прессшпановые прокладки. Осадку катушек в паз выполняют осадочной доской, которая имеет длину, равную длине сердечника, и ширину, меньшую ширины паза. Первые катушки, число которых равно шагу по пазам, одной стороной устанавливают в низ паза, а вторую сторону временно заводят в его верх. Эти катушки являются замком обмотки. Следующие катушки укладывают одной стороной в низ паза, а второй стороной в его верх, так как в низу паза уже имеется сторона катушки. Перед укладкой верхней катушки на нижнюю катушку устанавливают прокладку *4*; устанавливают верхнюю катушку *3*; осаживают ее доской; устанавливают прокладку под клин *2* и забивают клин *1*. В конце укладки первые катушки разогревают, пропуская по ним постоянный ток, поднимают их стороны, временно заведенные в верх пазов, и укладывают последние катушки. Поднятые стороны первых катушек перед опусканием разогревают еще раз, так как они успевают остыть. Последовательность укладки показана на рис. 20-22.

После укладки выполняют сборку схемы, ее пайку и пайку выводных концов. Производят это так же, как для низковольтных обмоток из прямоугольного провода (рис. 20-25). Изоляция схемы и межкатушечных соединений должна соответствовать напряжению машины. Обычно это несколько слоев изоляционной ленты. Изолированные места покрывают эмалью воздушной сушки и ленту сушат. После необходимых испытаний статор отправляют на сборку.



## § 20-11. Ремонт обмоток короткозамкнутых роторов

Обмотки короткозамкнутых роторов можно изготовить заливкой алюминия или сваркой стержней с короткозамыкающими кольцами. Литые короткозамкнутые обмотки повреждаются сравнительно редко. Наиболее характерный дефект литых обмоток — обрыв стержней в пазу — случается в результате некачественного литья. Такой дефект можно устранить только путем удаления старой обмотки и заливки новой. Эти операции требуют достаточно сложной оснастки, поэтому такой ремонт в ремонтных цехах не производят.

Короткозамкнутая сварная обмотка может иметь дефекты, описанные выше. В электроремонтных цехах можно устранить некоторые из них. Плотность посадки стержней в пазу проверяют, ударяя молотком по специально заточенному зубилу, рабочая часть которого входит в шлиц паза с небольшим зазором. Дребезжание и перемещение стержня свидетельствует о слабой посадке. Ослабленные стержни чеканят (расклепывают) по всей длине сердечника так, чтобы верхняя часть стержня плотно прилегла к стенкам паза. На середине сердечника стержень чеканят так, чтобы чеканка плотно держала стержень. Это необходимо для того, чтобы стержень при нагревании удлинялся в обе стороны сердечника, что уменьшает вероятность его повреждения при работе.

Трещины и обрывы проверяют, покрывая поверхность раствором мела в керосине. Керосин, проникая в узкие щели и затем выступая на просохшем меловом слое, позволяет выявить невидимые глазом трещины. Стержни с трещинами или обрывами на выступающих концах ремонтируют с помощью вставок, которыми заменяют часть стержня. Вставки пропаивают газовыми горелками.

## § 20-12. Сборка асинхронных электродвигателей после ремонта

*Сборка* — заключительный технологический процесс, при котором узлы и отдельные детали соединяются в готовое изделие. От правильно выбранного технологического процесса и качественного выполнения всех операций зависят энергетические и эксплуатационные показатели электрической машины — КПД, уровень вибраций и шума, надежность и долговечность.

Перед сборкой проводят балансировку роторов (якорей) и других вращающихся деталей. Балансировку проводят в случае, если ротор подвергается ремонту или при предремонтных испытаниях обнаружена повышенная вибрация.

В собранных роторах электрических машин вследствие неравномерного распределения масс главная ось инерции редко совпадает с осью вращения. Такие роторы называют неуравновешенными. Смещение оси инерции является результатом неточно-

стей изготовления. В зависимости от взаимного расположения этих осей неуравновешенность разделяют на три вида: статическую, моментную и динамическую. Все три вида неуравновешенности вызывают вибрацию, которая разрушает подшипники, обмотку, ухудшает коммутацию и т. п. Частота вибрации равна частоте вращения ротора. Для устранения вредного влияния неуравновешенности вращающиеся детали подвергают балансировке.

**Балансировка** — это технологическая операция, в процессе которой находят значение неуравновешенной массы и ее расположение, а затем производят ее уравновешивание путем добавления грузов на легкие стороны или удаления части металла с тяжелых сторон. Нормы допустимой остаточной (после операции балансировки) неуравновешенности роторов и методы ее измерения регламентированы ГОСТом.

Установлены три класса точности уравновешивания — нулевой, первый и второй. Наименьшую остаточную неуравновешенность допускает нулевой класс. Значения остаточной неуравновешенности в одном классе точности для роторов с различной массой различны. Стандарт делит роторы электрических машин в зависимости от их массы на три группы: с массой от 0,01 до 0,1 кг (микророторы); с массой свыше 0,1 до 3 кг (малые роторы); с массой свыше 3 до 1000 кг (средние роторы). На рис. 20-32 показаны допустимые остаточные неуравновешенности для роторов массой свыше 3 до 1000 кг. В ГОСТе даются общие указания и рекомендации по выбору класса точности уравновешивания. Для электрических машин общего назначения с обычными требованиями по уровню вибрации достаточно уравновешивания по второму классу точности. Такие электрические машины собирают, как правило, с подшипниками класса Н.

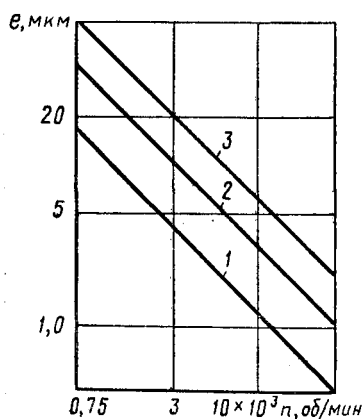


Рис. 20-32. Допустимые остаточные неуравновешенности для роторов массой свыше 3 до 1000 кг:

1 — нулевой класс; 2 — первый класс; 3 — второй класс

проводиться в двух плоскостях исправления при отношении осевого размера к диаметру  $L/D \geq 0,2$ ; при  $L/D < 0,2$  допускается одна плоскость исправления.

*Плоскостями исправления* называют плоскости, перпендику-

лярные оси вращения, в которых путем добавления или удаления массы осуществляется компенсация неуравновешенности.

*Статическая составляющая неуравновешенности ротора* (или какой-либо другой детали) наиболее просто выявляется и устраняется с помощью статической балансировки, для чего ротор устанавливают на стальные параллельные призмы (рис. 20-33), поверхность которых должна иметь шероховатость не выше  $R_a=0,50$ . Ширина рабочей поверхности призмы  $a=M/2d$ , где  $a$  — ширина приз-

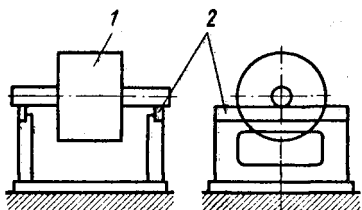


Рис. 20-33. Схема статической балансировки на призмах:

1 — ротор; 2 — призмы

мы, мм;  $M$  — масса ротора, кг;  $d$  — диаметр шейки вала ротора, мм.

Отклонение плоскости призмы от горизонтальной плоскости не должно превышать 0,1 мм на 1 м длины призмы. Если установленный на призмы ротор вывести из равновесия и представить ему возможность самоустановиться, то после нескольких качаний он остановится «тяжелым» местом вниз. Установка уравнивающего груза должна проводиться в «легком» месте, т. е. в верхней части. Массу уравнивающего груза обычно определяют опытным путем. Ротор считается отбалансированным, если он находится в состоянии безразличного равновесия.

*Динамическую составляющую неуравновешенности ротора* можно обнаружить и устранить только при вращении ротора, т. е. динамической балансировкой. Динамическая балансировка проводится на специальных станках. Подлежащий балансировке ротор устанавливают на опоры, которые могут совершать колебательные движения в плоскости, перпендикулярной оси балансируемого ротора. Ротор приводится во вращение, колебание опор передается катушкам датчика, в которых образуется сигнал. После соответствующих преобразований сигнал поступает на приборы станка, которые показывают величину неуравновешенности и место ее положения.

При ремонте часто пользуются универсальным станком для балансировки, показанным на рис. 20-34. Балансируемый ротор 4 устанавливают на четыре круглые опоры 2 и 6. Опоры расположены на раме 7, состоящей из двух круглых балок. Двигателем 5 через ремень 3 ротор приводится во вращение. Левая сторона рамы крепится к основанию плоской пружиной 1 и при вращении ротора остается неподвижной, а правая сторона опирается на пружины 9 и при вращении ротора начинает колебаться под действием неуравновешенных масс правой стороны ротора.

Величину колебаний показывает стрелочный индикатор 8. После определения величины колебаний останавливают ротор и наве-

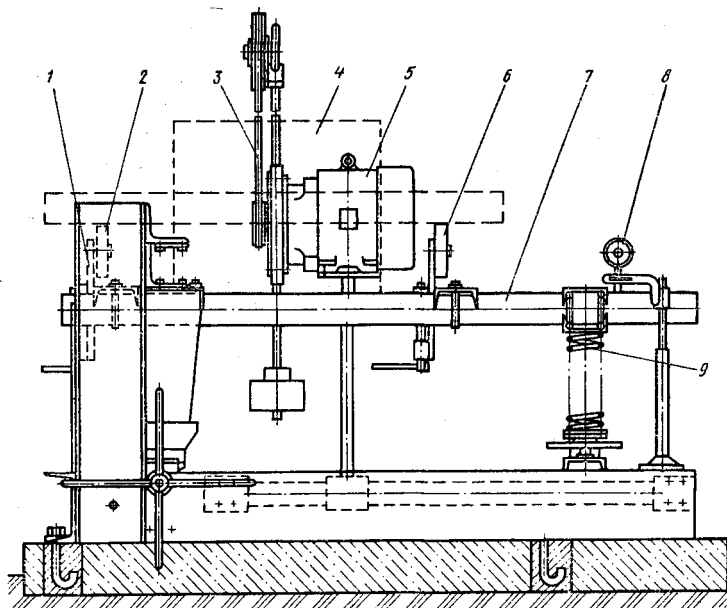


Рис. 20-34. Универсальный балансировочный станок для динамической балансировки

шивают пробный груз (пластилин) на первую сторону ротора. Если при очередном вращении величина колебаний увеличивается, то это означает, что пробный груз навешен на той части окружности ротора, где располагается неуравновешенная масса, а если величина колебаний уменьшается, то это означает, что пробный груз навешен на противоположной стороне. Передвигая груз по окружности, находят место, где его расположение вызывает наименьшие колебания. Затем начинают уменьшать или увеличивать пробный груз, определяя его величину, при которой колебания еще меньше. Отбалансиrowав правую часть, снимают груз, взвешивают его и на место, где он располагается во время балансировки, в соответствии с указаниями чертежа устанавливают постоянный груз. Затем ротор поворачивают и балансируют вторую сторону.

Сборку асинхронного двигателя рассмотрим на примере двигателя, показанного на рис. 13-4. Для сборки необходимо провести следующие операции. Из комплектовочного отделения получить детали и узлы, прошедшие проверку, ремонт и испытания. Статор и ротор продуть сжатым воздухом. На статор установить и закрепить коробку выводов 8 и присоединить выводные концы. Внутренние крышки подшипников 6 и 17 протереть ветошью, заполнить внутреннюю полость на  $\frac{2}{3}$  смазкой и надеть на вал ротора. Посадочные места вала под подшипники протереть и смазать трансформаторным маслом. Подшипники нагреть в масляной ванне до 80—90 °С и установить их на шейке вала до упора ударами молотка по трубчатой оправке (см. рис. 13-8). Вложить в кольцевую

канавку запорное пружинное кольцо 22 (рис. 13-4). Ввести ротор в расточку статора, не допуская задевания ротора за обмотку статора. Ввернуть во внутренние крышки подшипников по одной технологической шпильке и установить первый подшипниковый щит со стороны, противоположной рабочему концу вала, ориентируя его по ввернутой шпильке и отметкам, нанесенным при разборке. Крышку подшипника 21 протереть ветошью, заполнить внутреннюю полость на  $\frac{2}{3}$  смазкой, поставить на место и закрепить болтами, не затягивая их.

При наживлении первого болта внутреннюю крышку подшипника необходимо подтягивать к щиту за технологическую шпильку. После наживления болта технологическую шпильку надо вывернуть. Установить второй подшипниковый щит на подшипник, аналогично первому, и подать его вперед до упора в замок статора. Ввернуть болты, крепящие щиты, и подтянуть подшипниковые щиты, подавая их вперед легкими ударами молотка. Окончательно затянуть болты, при этом щиты должны без перекосов сомкнуться своими замками с замками на статоре. Вложить смазку в подшипник со стороны рабочего конца вала и в крышку подшипника, надеть ее и завернуть болты.

При наличии технической возможности измерить щупами воздушный зазор в четырех диаметрально противоположных точках. Установить на вал вентилятор 23, упирая вальцовку в стальную втулку вентилятора (упирать в алюминиевую часть вентилятора запрещается) и запорное пружинное кольцо 24. Установить кожух вентилятора 19 и закрепить его болтами. Проверить легкость вращения вала рукой, и двигатель следует передать для испытания.

### **§ 20-13. Испытания асинхронных двигателей после ремонта**

После капитального ремонта все электрические машины проходят приемо-сдаточные или типовые испытания. Приемо-сдаточным испытаниям подвергают все электрические машины, отремонтированные без изменения мощности, напряжения или частоты вращения, т. е. машины, у которых сохранены электрические и магнитные нагрузки. Машины, отремонтированные с изменением мощности, напряжения или частоты вращения, подвергают типовым испытаниям. Типовым испытаниям также подвергают машины, поступившие в ремонт без заводских щитков и выпущенные из ремонта с номинальными данными, определенными расчетом.

В объем приемо-сдаточных испытаний асинхронных двигателей после ремонта входит: измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса электродвигателя и между фазами; измерение сопротивлений обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии; обкатка электродвигателя на холостом ходу; определение тока и потерь холостого хода; определение тока и потерь короткого замыкания; испытание межвитковой изоляции обмоток на электрическую прочность; испытание изоляции обмоток

относительно корпуса электродвигателя и между фазами на электрическую прочность; определение коэффициента трансформации (для двигателей с фазным ротором).

В объем типовых испытаний асинхронного двигателя после ремонта входят кроме всех указанных выше контрольных испытаний также испытание на нагревание, на кратковременную перегрузку по току и испытание при повышенной частоте вращения (только при замене обмотки ротора или бандажей). Кроме того, при типовых испытаниях определяют значения КПД, коэффициента мощности, скольжения, максимального вращающего момента, а для двигателей с короткозамкнутым ротором определяют также минимальный вращающий момент в процессе пуска, начальный пусковой вращающий момент и начальный пусковой ток.

Технические требования к отремонтированным электродвигателям в отношении значений испытательных напряжений и проверяемые параметры должны соответствовать ГОСТам.

При всех испытаниях для измерения электрических величин должны применяться измерительные приборы класса точности не ниже 0,5. Исключение допускается для измерения сопротивления изоляции, когда применяются мегаомметры. При массовых контрольных испытаниях допускается использование приборов класса точности 1,0, однако желательнее применение приборов класса точности 0,5. Для обеспечения необходимой точности измерений измерительные приборы следует подбирать так, чтобы измеряемые значения электрических величин находились в пределах 20—95 % шкалы.

Приемо-сдаточные и типовые испытания электрических машин проводят на испытательных станциях или испытательных пультах. Основные требования к ним:

1) испытательная станция и испытательные пульта должны соответствовать требованиям ПУЭ;

2) испытательная станция и испытательные пульта должны иметь ограждения;

3) ограждения, стенды, пульта должны быть надежно заземлены;

4) открывающиеся двери или съемные элементы должны иметь блокировки, которые полностью снимают напряжение с испытательного стенда. При закрывании дверей напряжение может быть восстановлено только после повторного включения пускового устройства;

5) на испытательной станции должен быть полный комплект электросхем установленного оборудования, плакаты и правила оказания первой помощи и тушения пожара, производственные инструкции;

6) обслуживающий персонал должен иметь необходимую квалификацию, допуск к работе и строго соблюдать все правила техники безопасности.

1. Перечислите порядок операций при капитальном ремонте.
2. Как проводится дефектация асинхронных электродвигателей при капитальном ремонте?
3. Какие применяют способы извлечения обмотки из статоров?
4. Как укладывают обмотку из круглого провода?
5. Как ремонтируют обмотку статора из прямоугольного провода?
6. Как балансирует ротор?

## Глава 21. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

### § 21-1. Схемы обмоток якорей электрических машин постоянного тока

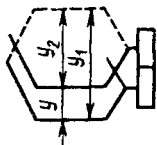
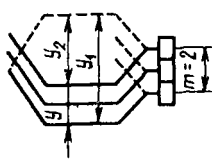
Обмотка якоря состоит из катушек, число которых равно числу пазов. Каждая катушка может состоять из нескольких секций. Выводные концы секций присоединяют к коллекторным пластинам. Секции различают по направлению отгиба лобовых частей. В табл. 21-1 приведены наиболее часто встречающиеся обмотки, их характеристики и области применения.

В табл. 21-1 ориентировочно принимается, что к машинам малой мощности относятся машины до 50 кВт, средней мощности — от 50 до 500 кВт и большой мощности — от 500 кВт и выше. Также принимается низкое напряжение до 24 В включительно, пониженного напряжения — от 60 до 80 В, нормального — от 110 до 220 В, повышенного — от 440 до 600 В и высокого — от 750 В и выше.

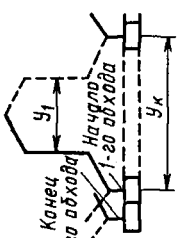
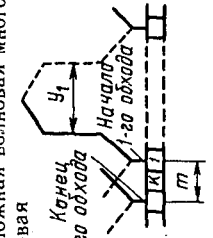
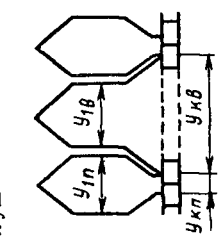
В секциях обмотки якоря различают три шага, которые выражают в элементарных пазах:  $y_1$  — первый частичный шаг — это расстояние между сторонами одной секции, т. е. ширина секции, выраженная в элементарных пазах; второй частичный шаг  $y_2$  — расстояние между левой стороной одной секции и правой стороной, последовательно соединенной с ней следующей секцией; результирующий шаг  $y$  — расстояние между одноименными сторонами (левыми или правыми) двух соседних последовательно соединенных в схеме секций; он показывает их сдвиг по элементарным пазам  $y = y_1 - y_2$ . Шаг может быть положительным или отрицательным в зависимости от последовательности соединения секций в схеме.

Кроме шагов в элементарных пазах в схеме различают шаг по коллектору  $y_k$ , т. е. число коллекторных пластин между началами следующих по схеме одна за другой секций. Так как число пластин коллектора равно числу элементарных пазов, то числа, определяющие результирующий шаг  $y$  и шаг по коллектору  $y_k$ , совпадают:  $y = y_k$ .

Таблица 21-1.

Тип обмотки	Число параллельных ветвей	Шаги обмотки		Рекомендации по выбору	Область использования обмотки
		$y$	$y_1$		
Простая петлевая 	$2a = 2p$	$y = y_k^* = \pm 1$	$y_1 = \frac{k}{2p} \pm \varepsilon$	$z/p$ — целое нечетное число или $z/(2p)$ — целое число $1/2$	Машины средней мощности нормального напряжения и большой мощности повышенного напряжения
Сложная петлевая двухходовая 	$2a = 4p$	$y = y_k = \pm 2$	$y_1 = \frac{k}{2p} \pm \varepsilon$	$z/p = k/i_{\text{к}}$ , где $p$ — целое, нечетное число. При $k$ — четном числе обмотка двухкратнозамкнутая; при $k$ — нечетном числе — однократнозамкнутая	Машины малой мощности весьма низкого напряжения и большой мощности нормального, пониженного и низкого напряжения



<p>Простая волновая</p> 	$2a = 2$	$y = y_k = \frac{k \mp 1}{p}$	$y_1 = \frac{k}{2p}$	$\frac{z}{2p} = b + c/d;$ $2p/d$ — целое чи- сло	<p>Машины малой мощ-          ности нормального на-          пряжения и средней мощ-          ности повышенного и          высокого напряжения</p>
<p>Сложная волновая мно-          ходовая</p> 	$2a = 2m^{**}$	$y = y_k = \frac{k \mp m}{p}$	$y_1 = \frac{k}{2p} \pm \epsilon$	$p/a$ — целое чис- ло; $\frac{k}{a} = \frac{z}{a}$ — це- лое число	<p>Машины средней мощ-          ности повышенного на-          пряжения</p>
<p>Лягушечья</p> 	$2a = 2p2m$	$y_k + y_{kb} = k/p$	$y_{1n} + y_{1a} = \frac{k}{p}$	$z/(2p)$ — целое число	<p>Машины большой мощ-          ности</p>

\*  $y_k$  — шаг по коллектору;

\*\*  $m$  — число ходов обмотки.

Как правило, простые петлевые обмотки и сложные обмотки (петлевые и волновые) имеют уравнивательные соединения. Простые волновые и комбинированные обмотки изготовляют без уравнивательных соединений. Различают уравнивательные соединения первого и второго рода.

*Уравнивательные соединения первого рода* используют в петлевых обмотках для выравнивания напряжения между параллельными ветвями обмотки. Несимметрия напряжения возникает из-за того, что практически невозможно изготовить машину с абсолютно одинаковыми сопротивлениями параллельных ветвей, одинаковым зазором под всеми полюсами и т. п. Несимметрия приводит к появлению уравнивательных токов, которые замыкаются через коллектор и щетки и ухудшают коммутацию. Уравнивательные соединения представляют собой изолированные проводники, которые соединяют точки обмотки, имеющие одинаковые потенциалы.

В простой петлевой обмотке одинаковые потенциалы имеются у всех секций, расположенных на расстоянии двойного полюсного деления друг от друга. Поэтому шаг уравнивательных соединений равен  $y_{ур} = k/p$ , где  $k$  — число коллекторных пластин;  $p$  — число пар полюсов. Наиболее удобные места для подсоединения уравнивателей к секциям — это коллекторные пластины или головки лобовых частей секции со стороны, противоположной коллектору. В машинах общего применения обычно устанавливают по два-три уравнивательных соединения на каждую пару параллельных ветвей или по одному уравнивательному соединению на паз якоря, т. е. в три-четыре раза меньше, чем секций в обмотке.

*Уравнивательные соединения второго рода* используют для выравнивания напряжения между коллекторными пластинами в сложных (многократно замкнутых) обмотках. Разница напряжений между рядом расположенных коллекторных пластин возникает из-за несимметрии магнитной цепи.

## § 21-2. Разборка и дефектация электрических машин постоянного тока при ремонте

Ремонт электрических машин постоянного тока проводят на ремонтных участках совместно с машинами переменного тока. Организация ремонта для всех машин одинакова. Наиболее прост ремонт машин, имеющих обмотку якоря из круглого провода. Такую обмотку можно изготовить на электроремонтном участке. При ремонте машин с обмоткой якоря из прямоугольного провода стараются сохранить и восстановить старую обмотку. Изготовление новой обмотки сопряжено с приобретением прямоугольного провода необходимого размера и изоляции, изготовление специальной и, как правило, только для данного типа машин оснастки, что резко увеличивает трудоемкость ремонта.

Последовательность технологических операций при ремонте электрических машин постоянного тока показана на рис. 21-1. При

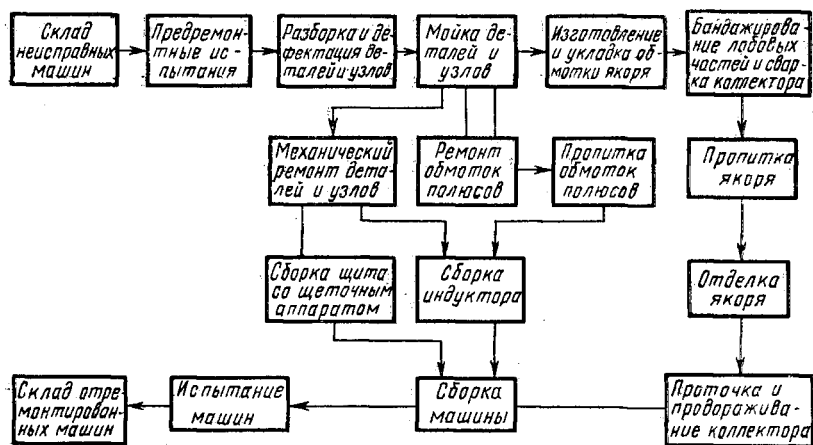


Рис. 21-1. Последовательность основных технологических операций при ремонте электрических машин постоянного тока

необходимости перед разборкой двигатель подвергают предремонтным испытаниям. Предремонтные испытания включают электрические испытания (измерение сопротивления изоляции, проверку электрической прочности изоляции, измерение сопротивлений обмоток и их частей при постоянном токе, снятие потенциальной диаграммы коллектора, испытаний на холостом ходу) и замеры узлов и деталей (эксцентриситет, биение, конусность и т. д.). Неисправленные двигатели отправляют на разборку.

Частичная разборка электрической машины постоянного тока приведена в гл. 13. Дальнейшая разборка производится редко и включает разборку щеточного аппарата, извлечение обмотки якоря из пазов, снятие основных и добавочных полюсов, снятие коллектора с вала. Извлечение обмотки начинают со снятия бандажей. Бандажи из стальной проволоки расплаивают паяльником и сматывают, а бандажи из нетканой стеклянной ленты срезают острым ножом. Затем расплаивают коллектор и обмотку; при извлечении обмотки якоря из пазов определяют разметку якоря.

В производстве электрических машин постоянного тока используют несколько способов разметки, которые указывают в чертежах. При ремонте, разбирая обмотку, необходимо зафиксировать взаимное расположение пазов сердечника, пластин коллектора и обмотки. Это выполняют следующим образом. Выбирают коллекторную пластину, середина которой располагается соосно с серединой паза, и маркируют эту пластину номером 1 (рис. 21-2). Находят паз, в котором располагается сторона катушки, припаянная к этой коллекторной пластине, и маркируют паз номером 1. Затем определяют паз, в котором располагается вторая сторона катушки, и находят  $y_1$  — первый частичный шаг обмотки. Определяют пластину коллектора, к которой припаяна вторая сторона катушки, и находят шаг по коллектору  $y_k$ . Определяют шаги  $y$ ,  $y_2$ . Находят

номер паза, который располагается соосно с коллекторной пластиной 1.

На рис. 21-2 против коллекторной пластины 1 располагается паз 2. Шаг  $y_1=3$ ,  $y_2=2$ ,  $y_k=1$ . Число секций в катушке равно 3. После этого присваивают номера всем коллекторным пластинам 1—42 и всем пазам 1—14. Разметку и схему обмотки определяют в процессе разборки обмотки. Необходимо также определить количество уравнительных соединений и схему их расположения.

Основные и добавочные полюса снимают в случае необходимости ремонта. Перед снятием полюсов необходимо их замаркировать для того, чтобы при сборке поставить каждый полюс на прежнее место. Сначала распаивают схему соединения полюсов, а затем отворачивают болты, крепящие их к станине.

Коллектор снимают с вала только в случае его ремонта или замены. Коллектор снимают специальными захватывающими приспособлениями на гидравлическом прессе или съемником. Нельзя захватывать коллектор за медные пластины или упираться в них. Усилия при стягивании прикладывают к стальной втулке коллектора или к ее крепежным элементам. В некоторых случаях для облегчения съема коллектор, собранный на стальной втулке, разбирают на валу якоря: отвинчивают гайку, снимают нажимное кольцо с манжетой, комплект медных пластин и изоляровочный цилиндр.

Дефектацию выполняют в процессе разборки машины. Дефектацию корпуса, вала, подшипниковых щитов, подшипников, сердечника и других механических деталей делают так же, как и деталей асинхронных электродвигателей (см. гл. 20). При дефектации якоря (после его извлечения из индуктора или в со-

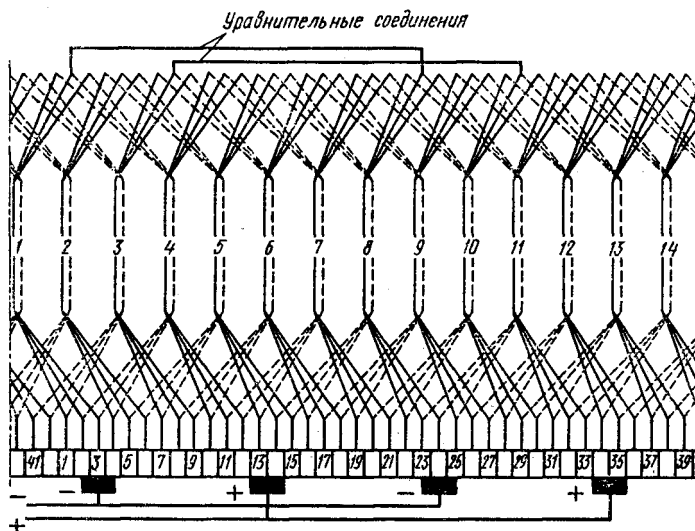


Рис. 21-2. Разметка якоря при разборке обмотки

бранной машине) определяют состояние и исправность коллектора и обмотки. Коллектор следует осматривать особенно тщательно. Результаты осмотра и его анализ позволяют предварительно установить вид неисправности обмотки. Осматривают коллекторные пластины, которые не должны выступать за наружный диаметр или западать. Определяют износ коллекторных пластин, который должен быть не более 20 % от первоначальной высоты. Дальнейшее уменьшение диаметра может привести к недопустимому уменьшению высоты пластин, прогибанию их под действием центробежных сил и нарушению цилиндрической рабочей части. При дефектации и назначении вида ремонта учитывают, что разобрать для ремонта можно только коллектор, собранный на стальную втулку. Коллекторы, собранные на пластмассе, разборке для ремонта не подлежат.

При осмотре обмотки определяют ее целостность, целостность бандажей, клиньев, пайки к коллектору. Исправность обмотки определяют испытаниями. Обмотка якоря может иметь обрывы или следующие короткие замыкания: части витков одной секции; всей секции; между двумя секциями, лежащими в одном пазу; в лобовых частях обмотки. Имеется несколько способов обнаружения места неисправности и неисправной катушки. Приведем некоторые из них.

Для обнаружения витковых замыканий в секциях и обрывов в них применяют метод падения напряжения, не требующий специального оборудования. Этот метод используют для петлевой и волновой обмоток и он особенно удобен при исследовании якоря с уравнительными соединениями. Метод сводится к следующему. К двум смежным коллекторным пластинам 1 (рис. 21-3) подводят постоянный ток с помощью пары щупов 3, а второй парой щупов 2 измеряют падение напряжения на этой паре коллекторных пластин.

В случае петлевой обмотки при наличии замыкания в секции, присоединенной к исследуемой паре пластин, сопротивление ее меньше и падение напряжения на ней меньше, чем на другой паре пластин, между которыми нет замыкания. При этих измерениях сила тока должна быть одинаковой. В случае простой волновой обмотки меньшее падение напряжения свидетельствует о наличии замыкания в секциях обмотки, присоединенных к исследуемой паре пластин.

Указанным выше способом исследуют весь якорь и сравнивают результаты измерений. Иногда при исследовании якорей с уравнительными соединениями могут получиться значительные откло-

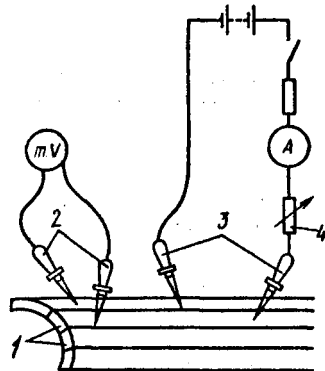


Рис. 21-3. Схема для нахождения замыканий между витками в обмотке якоря

нения в падениях напряжения между отдельными пластинами и при исправной обмотке якоря. В этом случае наблюдается закономерное изменение падений напряжения.

В качестве источника тока удобно применять батарею аккумуляторов, но можно также использовать сеть напряжением 110 и 220 В постоянного тока. Для уменьшения силы тока последовательно с якорем включают реостат 4, позволяющий регулировать силу тока. Для измерения падения напряжения следует пользоваться милливольтметром с соответствующим пределом измерений. В случае необходимости падение напряжения можно отрегулировать путем изменения силы питающего тока посредством реостата.

Чтобы не повредить милливольтметр, следует сначала прикладывать к коллектору щупы 3; обеспечив их надежный контакт с коллектором, можно прикладывать щупы 2. Отнимать от коллектора следует сначала щупы 2, а затем щупы 3. Если отнимать сначала щупы 3, возникает значительная ЭДС самоиндукции, которая выведет милливольтметр из строя. То же может получиться при плохом контакте щупов 3.

Проверять на витковое замыкание якоря небольших габаритов с петлевой и волновой обмотками можно способом испытательных электромагнитов. На электромагниты 1 (рис. 21-4, а), имеющие обмотку, устанавливается якорь 2. Обмотка электромагнита питается переменным током 50 Гц или повышенной частоты. При прохождении по обмотке тока создается магнитный поток, который замыкается через якорь. Если в обмотке якоря имеется межвитковое замыкание, то в замкнутых витках 3 пойдет ток большой силы и вызовет их нагрев. Межвитковое замыкание также можно обнаружить, если провести по пазам якоря стальной пластиной 4 (рис. 21-4, б). При прохождении паза с короткозамкнутыми витками пластина притянется к ним. Способом испытательных магнитов нельзя проверять межвитковые замыкания в «лягушечьих» обмотках и петлевых обмотках с уравнительными соединениями, так как в них всегда имеются короткозамкнутые контуры.

Для определения места обрыва в обмотке можно пользоваться тем же способом, каким определяют витковые замыкания в якорю.

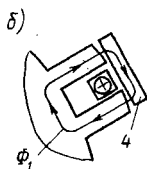
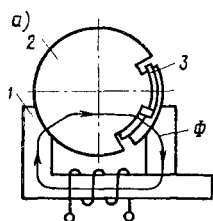


Рис. 21-4. Схема установки для проверки якорной обмотки на витковое замыкание (а) и способ обнаружения паза с короткозамкнутым витком (б)

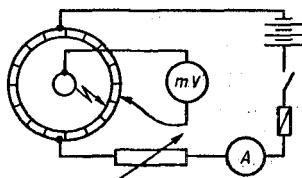


Рис. 21-5. Схема для нахождения места соединения обмотки якоря с корпусом

При наличии обрыва или плохого контакта падение напряжения больше между пластинами, к которым присоединена дефектная секция. Если исследуется якорь с петлевой обмоткой, то при наличии обрыва прибор показывает наибольшее отклонение лишь при одной паре пластин; при волновой обмотке наибольшее отклонение имеется на нескольких парах пластин, находящихся попарно на расстоянии коллекторного шага друг от друга.

Методом падения напряжения пользуются для определения качества паяк обмотки. При хорошей пайке показания милливольтметра между всеми коллекторными пластинами приблизительно одинаковы. Пайки можно считать хорошими, если разница сопротивлений между отдельными пластинами коллектора не превышает 10 % для небольших машин и 5 % для ответственных и крупных машин. Увеличение сопротивления (или падения напряжения при неизменном токе) между некоторыми смежными коллекторными пластинами указывает на плохую пайку; необходимо все места паяк, относящихся к этим пластинам, перепаять.

При дефектации определяют отсутствие замыкания обмотки якоря на корпус. Определить замыкание на корпус можно мегаомметром или контрольной лампочкой. Место замыкания обмотки на корпус можно найти способом питания обмотки якоря постоянным током от постороннего источника тока (рис. 21-5). Подбор всех элементов схемы такой же, как при определении замыканий в обмотке. Источник тока присоединяется к коллектору в случае петлевой обмотки — в двух диаметрально противоположных точках, в случае волновой — к пластинам, находящимся на расстоянии половины коллекторного шага. Один проводник от милливольтметра присоединяют к валу якоря, а концом другого проводника поочередно касаются всех коллекторных пластин. Отклонение стрелки прибора происходит только при наличии замыкания.

Если исследуется якорь с петлевой обмоткой, то по мере приближения пластины, присоединяемой к прибору, к пластине, соединенной с корпусом, показания прибора уменьшаются. При волновой обмотке изменение показаний милливольтметра по мере перемещения присоединяемой к нему пластины происходит периодически, соответственно его перемещению на половину шага по коллектору; меньшие показания наблюдаются на пластинах обхода, секции которого замкнуты на корпус.

При плохом контакте обмотки на корпус, например при весьма низком сопротивлении изоляции, этот способ не дает удовлетворительных результатов, и в этом случае применяют метод «прожигания». Коллектор обвязывают несколькими витками голой проволоки. Напряжение через предохранитель и реостат подают к проволоке и валу якоря. Прохождение электрического тока через плохой контакт вызывает обгорание этого места, дугу и появление дыма. По этим признакам обнаруживается дефект и его место.

Иногда место замыкания на корпус можно найти, если «пошевелить» по очереди секции у подозрительных мест и одновременно измерять сопротивление изоляции мегаомметром.

При дефектации индуктора проверяют надежность крепления полюсов, межполюсные соединения, состояние сердечников полюсов и определяют испытательными методами целостность обмоток. В катушках главных полюсов возможны такие дефекты: пробой изоляции на корпус, витковое замыкание, обрыв в местах паяк. В компенсационных обмотках и обмотках добавочных полюсов встречается один дефект — пробой на корпус. Чтобы найти катушку, замкнутую на корпус, через обмотку пропускают постоянный ток. Один конец вольтметра присоединяют к корпусу, а вторым касаются соединительных перемычек между полюсами (рис. 21-6). Наименьшее показание вольтметра наблюдается с обеих сторон катушки, замкнутой на корпус. Для нахождения обрыва или плохого контакта в катушке параллельной обмотки к ней подводят нормальное напряжение и вольтметром касаются поочередно выводных концов каждой катушки (рис. 21-7). При наличии обрыва вольтметр, приключенный к зажимам поврежденной катушки, показывает полное напряжение сети. На остальных катушках вольтметр отклонений не имеет. При плохом контакте напряжение на зажимах поврежденной катушки больше напряжения на зажимах других катушек.

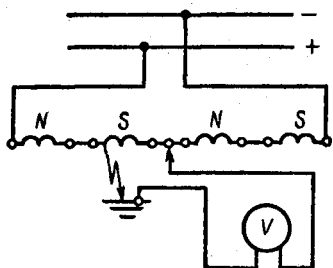


Рис. 21-6. Схема для нахождения обмотки полюса, соединенной с корпусом

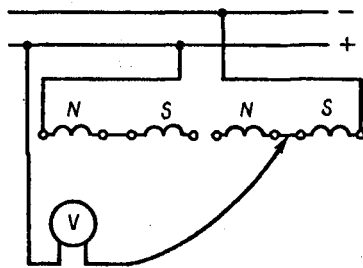


Рис. 21-7. Схема для нахождения обрыва в обмотке полюсов

Более сложно определить витковое замыкание в катушке главных полюсов. Измерением величины сопротивления каждой катушки можно определить витковое замыкание большого числа витков. Для определения замыкания малого числа витков имеется несколько способов. Рассмотрим один из них. Цепь возбуждения питают переменным током, при этом его значение не должно быть больше номинального тока. Катушка, имеющая короткозамкнутые витки, нагревается за счет циркуляции в короткозамкнутых витках тока большой силы. Если на полюсах имеются металлические каркасы, которые являются короткозамкнутыми витками, дефектные катушки при испытании переменным током выявить трудно.

После дефектации детали и узлы отправляют в ремонт. Механический ремонт деталей и узлов электрических машин постоянного тока выполняется по той же технологии, что и детали и узлы машин переменного тока (гл. 20), поэтому специально не описываются.



### § 21-3. Ремонт обмоток якоря из круглого провода

Обмотки якоря из круглого провода при ремонте, как правило, заменяют. Обмотки якорей машин малой мощности наматывают вручную непосредственно в пазы сердечника (рис. 21-8). Предварительно изолируют пазы 2, торцы сердечника 3, участок вала 4, примыкающий к сердечнику; фрезеруются пазы в коллекторе. Согласно разметке устанавливают в шлиц коллекторной пластины провод (начало секции) и вручную заводят его в соответствующие пазы, делая необходимое число витков. Конец секции заводят в шлиц соответствующей коллекторной пластины. Лобовые части 1 плотно прижимают к валу.

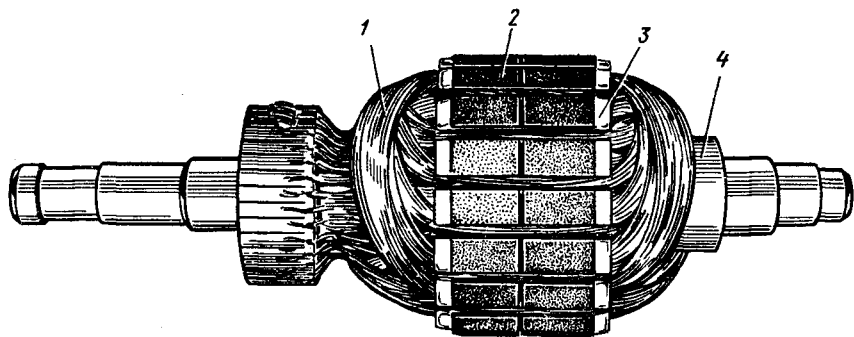


Рис. 21-8. Якорь электрической машины малой мощности

Обмотку выполняют без подъема шага: первые катушки обеими сторонами укладывают на дно пазов, а последние — обеими сторонами в верхнюю часть пазов. При этом лобовые части распределяются неравномерно: у первых катушек они прижимаются к торцам якоря и к валу, а у последних — располагаются в верхнем слое. В пазы устанавливают клинья из дерева или толстого электрокартона. В некоторых якорях поверх клиньев при балансировке устанавливают медные пластины для устранения небаланса.

На лобовые части накладывают шнуром бандаж (на рисунке не показан); выводы обмотки припаивают к коллекторным пластинам и якорь пропитывают в лаке. Перед сушкой салфетками удаляют лак с вала и коллектора. После пропитки коллектор протачивают, протораживают (при необходимости) и якорь балансируют.

Катушечные обмотки якорей электрических машин средней мощности наматывают на шаблоны. Каждую катушку наматывают отдельно. Если катушка состоит из нескольких секций, то наматывают сразу все секции. Например, если в катушке три секции и каждая секция имеет один элементарный проводник, то намотку ведут тремя проводами с трех бухт. Если секция состоит из двух элементарных проводников, то намотку ведут шестью проводами с шести бухт. На рис. 21-9 показана катушка, имеющая три секции, и каждая секция намотана одним проводом. Начала и концы сек-

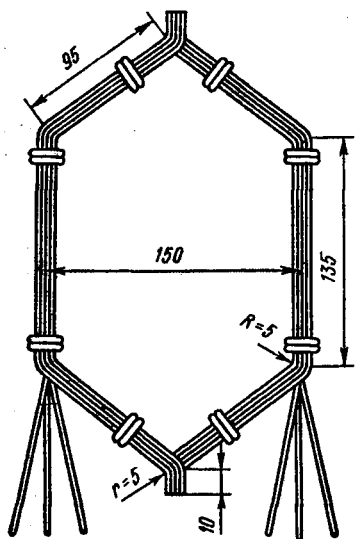


Рис. 21-9. Катушка якоря, состоящая из трех секций

ций маркируют для правильной впайки в шлицы коллектора; перед снятием с шаблона катушку перевязывают в нескольких местах.

Перед укладкой обмотки в якорь его осматривают и проверяют коллектор. При осмотре якоря убеждаются в отсутствии острых углов в пазах, остатков изоляции и т. п. Обнаруженные дефекты устраняют. Коллектор проверяют контрольной лампой на отсутствие замыкания коллекторных пластин между собой. Затем проводят изолирование пазов и обмоткодержателей. Пазы изолируют простынками 5 (рис. 21-10), которые должны выступать из сердечника на 3—5 мм с каждой стороны.

При изолировке обмоткодержателя 9 его обвертывают несколькими слоями киперной или стеклянной ленты. Затем, продолжая наматывать ленту, под нее подкладывают полосы гибкой изоляции, обеспечив два-три слоя. Сверху полосы скрепляют лентой. Иногда обмоткодержатели, расположенные со стороны, обратной коллектору 8, имеют небольшой конус. Изолировку такого обмоткодержателя проводят следующим образом.

На обмоткодержатель накладывают стеклоткань в два раза шире обмоткодержателя, при этом край ткани свисает. Стеклоткань крепят бандажом, который наматывают на место обмоткодержателя, где проточена канавка. Бандаж удерживает ткань от сползания с обмоткодержателя. Затем вдоль обмоткодержателя

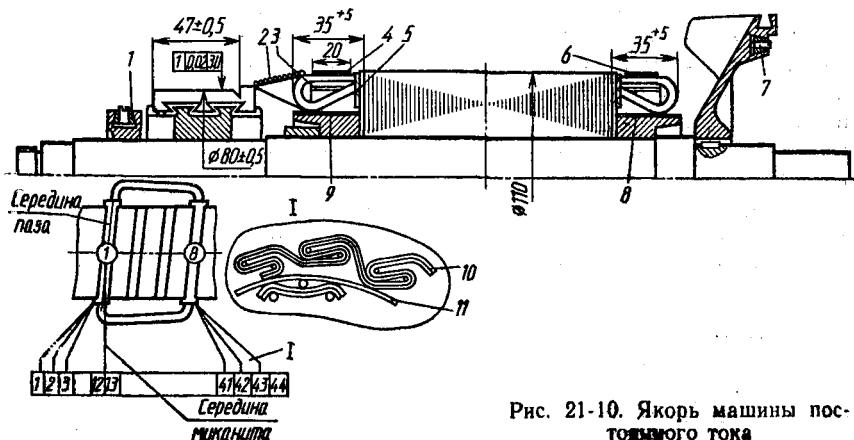


Рис. 21-10. Якорь машины постоянного тока

накладывают небольшие полоски изоляции или большие полосы, предварительно сделав на них надрезы, чтобы они плотно легли на конусную часть обмоткодержателя. Не обрывая ленты, заворачивают наверх свисающий край стеклоткани и плотно обматывают его лентой. Высота изоляции обмоткодержателя должна доходить до дна паза. В ответственных якорях при наложении изоляции ее промазывают лаком и сушат.

После изолировки якорь размечают. На рис. 21-10 показана разметка якоря при условии, что шаг по пазам равен  $1-8$ , по коллектору —  $1-41$ ; середина паза  $1$  расположена напротив середины миканитовой изоляции между коллекторными пластинами  $12$  и  $13$ .

Укладку начинают с паза  $1$ . Уложив в низ паза катушку, ее концы устанавливают в коллекторные пластины  $1, 2, 3$ . Вторую сторону катушки в паз не заводят, так как она должна располагаться в верхней его части, но в низу паза еще отсутствует катушка. Затем таким образом устанавливают следующие катушки и выводные концы заводят в соседние пластины. Укладку ведут в левую сторону. После того как уложат восьмую катушку в низ паза, вторую ее сторону можно уложить в верх первого паза, так как внизу уже есть катушка, с которой начинают укладку.

Таким образом, обходят весь якорь и, уложив в пазы  $2-8$  нижние стороны последних катушек, укладывают в эти пазы верхние стороны первых катушек. Вторые выводы каждой катушки также заводят в шлицы коллектора. При этом шаг по коллектору  $1-41$ . При заведении вторых выводов их заводят в том же порядке, как и первые, т. е. первая секция в коллекторные пластины  $1$  и  $41$ , вторая — в  $2$  и  $42$ , третья — в  $3$  и  $43$ . После укладки верхних катушек подгибают изоляцию паза и забивают с торца клинья (рис. 21-11). Во время укладки между лобовыми частями обмотки прокладывают изоляцию  $3$  (см. рис. 21-10).

Особенно тщательно проводники изолируют в местах, близких к коллектору. Верхний и нижний ряды изолируют между собой прокладкой  $11$ ; проводники в одном ряду изолируют между собой лентой  $10$ , прокладывая ее так, как показано на рисунке. Надежная изоляция необходима, чтобы витки не замыкались во время припайки их к коллекторным пластинам, а также во время работы электрической машины.

Следующие операции — наложение бандажей, припайка проводников к коллекторным пластинам, пропитка и отделка.

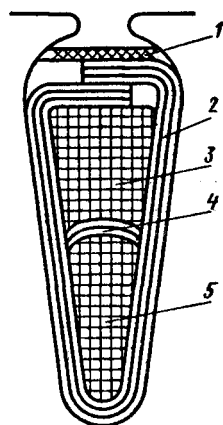


Рис. 21-11. Полузакрытый паз якоря с двухслойной обмоткой из круглого провода:

$1$  — клин;  $2$  — корпусная изоляция;  $3$  — верхняя катушка обмотки;  $4$  — прокладка между слоями;  $5$  — нижняя катушка обмотки

#### § 21-4. Ремонт обмоток якорей из прямоугольного провода

На промышленных предприятиях ремонт обмоток якоря из прямоугольного провода, как правило, включает ремонт отдельных катушек или замену одной или нескольких катушек, вышедших из строя. Полную замену обмоток не производят крайне редко, так как изготовление обмоток требует специальной оснастки и необходимо иметь медные провода или медную шинку определенного сечения.

При ремонте отдельных катушек определяют вид неисправности и находят неисправную катушку и место повреждения. Если повреждена сторона катушки, расположенная в верху паза, то снимают бандаж со стороны коллектора, выбивают клинья, выплавляют катушку из коллектора, осторожно достают из паза сторону катушки и устраняют повреждение. Восстанавливают изоляцию между проводниками. В паз устанавливают изоляцию в виде простынки и опускают сторону катушки в паз. При этом изоляция должна быть такой толщины, чтобы катушка могла войти в паз и не повредить изоляцию. Для того чтобы катушка легче пошла в паз, ее натирают парафином. Затем припаивают ее к коллекторной пластине и накладывают бандаж.

Более сложен ремонт при замене катушки или ремонте стороны катушки, лежащей в низу паза. При таком ремонте снимают оба бандаж, выбивают клинья из пазов, расплавляют необходимое количество коллекторных пластин и вынимают из пазов столько верхних слоев катушек, сколько нужно для того, чтобы достать поврежденную катушку из пазов. Затем проводят ремонт катушки: восстанавливают изоляцию, заменяют обгоревшие провода, в некоторых случаях восстанавливают провод, напаявая отдельные участки. При укладке в пазы устанавливают новые изоляционные простынки для верхних частей катушек. Последующие операции указаны выше. Замена катушек является сложным ремонтом, требующим высокой квалификации рабочих.

#### § 21-5. Ремонт коллектора

У коллекторов возможны следующие повреждения: повышенное биение рабочей поверхности, подгар и износ пластин, замыкание пластин между собой и на корпус, поломка и распылка петушков, перекрытия и прожоги пластмассы, трещины пластмассы.

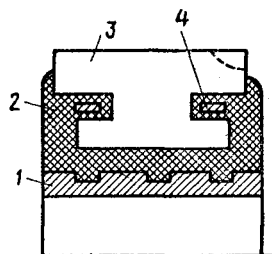
Обнаружение и устранение некоторых неисправностей коллектора и щеточного аппарата приведены в гл. 13. Замыкания пластин на корпус и между собой можно определить мегаомметром, но для этого коллектор должен быть отсоединен от обмотки.

На предприятиях ремонт коллекторов со стальной втулкой возможен с его разборкой, а коллектора на пластмассе можно ремонтировать без разборки.

У коллекторов на пластмассе незначительные перекрытия на поверхности пластмассы 2 (рис. 21-12) зачищают стеклянной бумагой, протирают ветошью и покрывают не менее двух раз

Рис. 21-12. Коллектор на пластмассовом корпусе:

1 — стальная втулка; 2 — пластмассовый корпус; 3 — коллекторная пластина; 4 — армирующие стальные кольца



эмалью воздушной сушки. Прожоги на значительной площади удаляют проточкой на токарном станке на глубину не более 2—3 мм. Проточенную поверхность шлифуют стеклянной шкуркой, обезжиривают и также покрывают эмалью. Трещины глубиной до 3 мм и прогары пластмассы удаляют сверлением. Обработанные места очищают от пыли, обезжиривают и заполняют эпоксидным компаундом холодного отверждения. После застывания компаунда его покрывают эмалью. Замыкание пластин в доступных для осмотра местах устраняют расчисткой дорожек между пластинами и обработкой оплавленных или обгоревших пластин шабером.

Рассмотренные дефекты, как правило, происходят на стороне коллектора, свободной от обмотки, так как эта сторона загрязняется пылью, маслом. При ремонте коллектор можно с вала не снимать. На стороне коллектора, к которой припаяна обмотка, такие дефекты встречаются редко и обнаружить их можно только после того, как обмотка отпаяна от коллектора.

Коллекторы, собранные на стальной втулке, при ремонте можно разобрать. Частичную разборку можно производить, не снимая коллектор с вала; для полной разборки его необходимо с вала снять. Перед разборкой метками намечают взаимное положение конуса 3 (рис. 21-13) кольца коллекторных пластин 5 и конуса 10. По наружному диаметру коллекторные пластины обвязывают стальной отожженной проволокой или на них надевают специально изготовленное кольцо или диск.

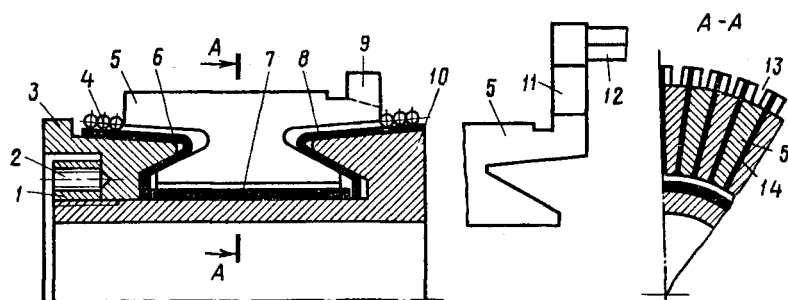


Рис. 21-13. Коллектор на стальной втулке:

1 — гайка; 2 — стопорный винт; 3 — передний конус; 4 — бандаж; 5 — коллекторные пластины; 6, 8 — манжеты; 7 — изоляционное кольцо; 9 — пегушки; 10 — задний нажимной конус; 11 — ленточные пегушки; 12 — обмотка; 13 — прорези для установки обмотки; 14 — изоляционные прокладки между коллекторными пластинами

При разборке отворачивают стопорный винт 2, гайку 1, срезают бандаж 4 и снимают конус 3 с манжетой 6. Производят осмотр манжеты. При обнаружении места пробоя защищают его от обгоревшей изоляции, устанавливая на клею кусочки слюды и запекают. При запечке необходимо создать давление на участок с приклеиваемой изоляцией. После высыхания ее выравнивают и собирают коллектор в порядке, обратном разборке. Если манжета не имеет повреждений, разборку продолжают. Снимают кольцо коллекторных пластин 5 и осматривают манжету 8 и изоляционное кольцо 7; при необходимости коллектор ремонтируют.

При замыкании коллекторных пластин между собой находят поврежденную изоляционную прокладку и заменяют ее в следующем порядке. На кольцо коллекторных пластин надевают специальный диск, который имеет вырез по размеру удаляемых для ремонта пластин. Диск удерживает годные пластины в кольце. В извлеченных пластинах заменяют пробитую прокладку и устанавливают пластины на место. Если необходимо, то ремонтируют наплавкой пластины или меняют их, изготавливая новые универсальным способом по образцу извлеченной пластины.

Затем производят сборку коллектора по меткам. Нажимной конус 10, кольцо коллекторных пластин 5 и нажимной конус 3 должны быть установлены так, как стояли до разборки. После сборки коллектор несколько раз нагревают и подтягивают гайку 1 в горячем состоянии коллектора и в холодном.

#### **§ 21-6. Бандажирование обмоток якорей и пайка коллектора**

**Бандажирование.** При вращении якорей и фазных роторов асинхронных электродвигателей развиваются центробежные силы, которые стремятся выбросить обмотку из пазов и отогнуть лобовые части. Центробежные силы увеличиваются пропорционально квадрату скорости и во много раз превышают массу обмотки. Лобовые части всех вращающихся обмоток удерживаются от отгибания намотанными бандажами. Бандажи якоря 4 и 6 показаны на рис. 21-10. Обмотки в пазовых частях можно укрепить бандажами или клиньями. В крупных машинах всегда используют клинья. Бандажи наматывают с натяжением. Напряжение, создаваемое бандажом, должно быть всегда больше напряжения, создаваемого центробежными силами. Наложение бандажей проводят на специальных бандажировочных станках или на токарных станках, специально переделанных. Якорь устанавливают одним концом вала в патрон, а второй конец зажимают задней бабкой. На месте суппорта токарного станка устанавливают устройство для натяжения бандажа и его раскладки при бандажировании. Бандажирование может проводиться стальной бандажировочной проволокой или нетканой стеклянной бандажной лентой.

Наложение бандажа из стальной проволоки проводят следующим образом. Установив якорь в станок, вручную накладывают

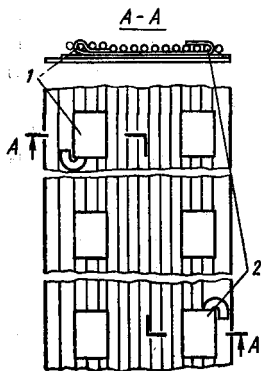
первый виток по окружности сердечника и закрепляют его петлей. Затем включают станок и вразбег за два-три оборота выводят проволоку на то место, где должен начинаться бандаж. Обычно бандаж устанавливают на лобовой части над обмоткодержателями. Под проволоку подкладывают изоляцию из композиционных материалов, которая должна выступать за пределы бандажа не менее чем на 5 мм с каждой стороны.

Затем начинают наложение бандажа в направлении от стали якоря к краю лобовых частей для исключения выпучивания лобовых частей у торца сердечника. Сверху изоляции под проволоку подкладывают скобы для крепления бандажа. Скобы подкладывают равномерно по всей окружности. Наматывая необходимое количество витков, доводят проволоку до ближайшей скобы, загибают ее на проволоку и припаивают. Затем, не откусывая проволоку, подводят ее к месту наложения следующего бандажа и производят его намотку. Наматывая все бандажи, их пропаивают по всей окружности якоря.

На рис. 21-14 показана заделка первого винта 1 и последнего винта 2 бандажа. Куски проволоки, которые служили переходами от одного бандажа к другому, после пропайки удаляют. При намотке следят, чтобы между витками проволоки не было промежутков. При необходимости витки подбивают тупым бородком. В крупных машинах бандажи на лобовых частях можно накладывать в несколько слоев. В этом случае натяжение проволоки в каждом следующем слое должно быть примерно на 10 % меньше, чем в предыдущем. Если бы все слои наматывались с одинаковым натяжением, то вся нагрузка от центробежной силы пришлось бы на последний слой. В многослойных бандажах между слоями прокладывают изоляцию. Бандажи на пазовые части обмотки наматывают в канавках якоря, образованных за счет листов якоря меньшего диаметра.

Бандажи наматывают с натяжением  $P$ , значения которого выбирают в зависимости от диаметра бандажной проволоки  $d$ :

$d$ , мм . . . . .	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
$P$ , Н . . . . .	300—400	400—500	500—600	600—800	1000—1200	1800—2000



← Рис. 21-14. Заделка начала и конца бандажа

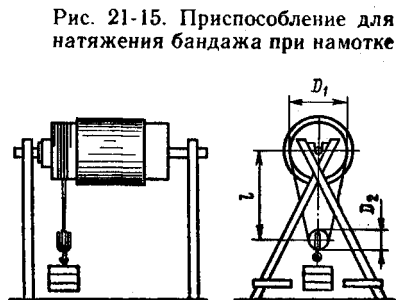


Рис. 21-15. Приспособление для натяжения бандажа при намотке

При ремонте используют простое приспособление для наложения бандажей (рис. 21-15). Нужное число бандажной проволоки наматывают на якорь без натяжения: начало и конец проволоки закрепляют на якоре. После этого на предварительно надетый на проволоку ролик надевают груз и, вращая якорь, наматывают бандаж с натяжением.

Значение груза  $Q$  определяется по формуле

$$Q = P \sqrt{4 - \left[ \frac{(D_1 - D_2)}{l} \right]^2},$$

где  $P$  — значение натяжения проволоки; размеры  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $l$  см. на рис. 21-15.

В последние годы проволочные бандажи все больше заменяют бандажами из стеклянной нетканой ленты. Лента состоит из параллельно расположенных стеклянных нитей, пропитанных полиэфирно-эпоксидным лаком марки ПЭ-933. Толщина ленты 0,2; ширина 5—30 мм; предел прочности при растяжении не менее  $7 \cdot 10^6$  Па. Аварийность якорей со стекловолокнистыми бандажами меньшая, чем при применении проволочных бандажей. В связи с высокими электроизоляционными параметрами стекловолокнистых бандажей подбандажная изоляция не применяется. Обычно площадь сечения стекловолокнистых бандажей принимается вдвое большей, чем площадь сечения проволочного бандажа, так как прочность бандажных лент почти вдвое меньше прочности стальной проволоки. Если бандаж переходит через большие зазоры между обмотками якоря, то зазоры перекрывают полосками из текстолита или стеклотекстолита для предотвращения вминания нижних слоев бандажа в зазоры.

Бандажирование лентами осуществляется на том же оборудовании, на каком выполняется бандажирование проволокой, но его обычно дополняют натяжным приспособлением для ленты. Для закрепления ленты используют паяльник, нагретый до температуры 200 °С. Им нагревают участок бандажа длиной 50—70 мм. После остывания ленты натяжение снимают и ленту отрезают. Забандажированный якорь подвергают термообработке. Обычно термообработка совмещается с сушкой узла перед пропиткой или с сушкой после пропитки. Режимы термообработки зависят от диаметра и конструкции узла.

В результате термической обработки бандаж приобретает монолитность, прочность и имеет хороший товарный вид. По сравнению с бандажами из стальной проволоки бандажи из стеклянной ленты более экономичны и имеют ряд преимуществ при эксплуатации. После бандажирования проводят припайку проводов обмотки к коллекторным пластинам.

**Припайка.** Припайку проводов к коллекторным пластинам выполняют мягкими оловянисто-свинцовыми припоями (ПОС-30, ПОС-40, ПОС-60) или твердыми серебряными (ПСр-15, ПСр-45) и медно-фосфорными (ПМФ-7) припоями. Пайку ведут паяльниками или угольными электродами. При пайке паяльник должен иметь достаточно высокую температуру для того, чтобы пайка происходи-





Катушки главных полюсов, как правило, наматывают круглым проводом. При пробое изоляции на корпус поврежденное место можно изолировать новой изоляцией, промазать лаком, а сверху эмалью. При витковом замыкании не всегда удается размотать катушку и изолировать витки, замкнутые накоротко. При размотке катушки, которая пропитана лаками, повреждается целая витковая изоляция и намотать этим же проводом катушку не всегда удается. Поэтому часто изготавливают новую катушку.

Технологический процесс изготовления катушек состоит из операций намотки, изолировки, пропитки, сушки и контроля. Катушки можно наматывать на намоточный шаблон, на каркас или непосредственно на изолированный полюс. Катушки, наматываемые на шаблон, называют *бескаркасными*. Шаблон служит только для намотки. Катушки, наматываемые на каркас, называются *каркасными*. Одновременно с каркасом они проходят все дальнейшие операции и вместе с каркасом их надевают на полюс машины.

Наибольшее применение находят бескаркасные катушки. Намотку таких катушек проводят на станках различной конструкции, но они должны иметь механизм раскладки провода. При отсутствии на станке механизма раскладки намотку выполняют на невысоких оборотах, а раскладку — вручную. На рис. 21-16 показаны шаблон, который состоит из сердечника 2 и двух щек 3 и 4. Шаблон прикреплен к планшайбе станка втулкой 1. Размеры шаблона по ширине и длине должны соответствовать размерам катушки с учетом припуска на изоляцию и неплотности намотки. В щеках шаблона имеется шесть пазов для скрепления катушки после намотки. Щека 4 крепится клином 5 к сердечнику 2.

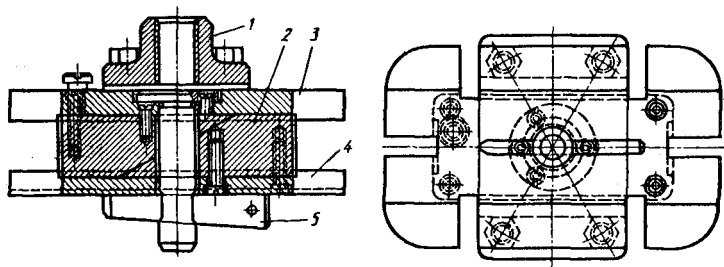


Рис. 21-16. Шаблон для намотки катушки полюса

При намотке раскладчик станка производит рядовую раскладку провода, передвигаясь за один оборот шаблона на расстояние, равное диаметру наматываемого провода. При намотке ступенчатых катушек для образования ступеней между щекой шаблона и рядами витков можно установить закладные кольца. В ответственных машинах для достижения монолитности витков при намотке ряды катушек промазывают клеящими лаками. Намотанные катушки перевязывают в нескольких местах лентой, снимают с шаблона и припаивают наконечники. Затем накладывают

часть изоляции, называемую стягивающим слоем, который служит для предохранения витков от сдвига, и расклинивают внутреннее отверстие деревянными клиньями.

Если катушке необходимо придать определенный радиус для плотного ее прилегания к корпусу индуктора после сборки, то изготавливают специальный шаблон, имитирующий часть индуктора, и закрепляют в нем катушку. В таком виде катушку пропитывают лаком. После пропитки клинья выбивают из неостывшей катушки, на катушку накладывают остальные слои наружной изоляции и повторяют пропитку. Повторная пропитка предназначена для заполнения пор наружной изоляции и воздушных промежутков между ее слоями.

Заключительные операции изготовления катушек — зачистка выводных концов, маркировка и контроль. Зачистку выводных концов от пленки лака, образовавшейся при пропитке, проводят вручную металлической щеткой. Около каждого вывода проставляют буквы «Н» или «К», означающие начало и конец намотки. Контроль катушек заключается в проверке габаритных размеров, активного сопротивления, количества витков, отсутствия межвитковых замыканий.

### § 21-9. Сборка электрических машин постоянного тока после ремонта

Сборку электрических машин постоянного тока начинают со сборки индуктора (см. рис. 13-17). Сборка индуктора предусматривает установку и крепление в корпусе главных и добавочных полюсов с катушками, соединение катушек по электрической схеме, изолировку межкатушечных соединений и проверку правильности соединений.

До установки в корпус на сердечники главных и добавочных полюсов помещают катушки. Для предохранения от истирания изоляции катушек о сердечник катушки раскрепляют на полюсе и между полюсом и корпусом. Каждый полюс помещают на прежнее место согласно разметке, сделанной при разборке магнитной системы. Корпус располагают вертикально. Сердечники полюсов с катушками вручную или подъемным механизмом заводят внутрь корпуса и заворачивают болты. Болты затягивают поочередно торцовыми ключами. Полюса должны всей поверхностью примыкать к корпусу.

Катушки главных и добавочных полюсов соединяют между собой согласно электрической схеме, эскиз которой сделан при разборке. Для правильного чередования полярности

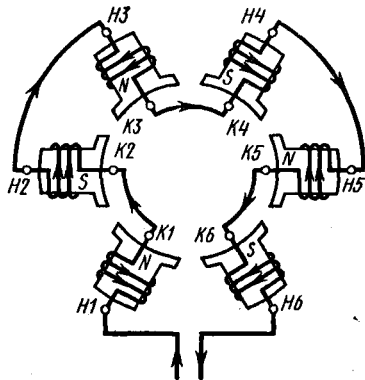


Рис. 21-17. Схема соединения катушек полюсов

полюсов начала катушек  $H2—H5$  и концы  $K1—K6$  соединяют, как показано на рис. 21-17. Соединения изолируют несколькими слоями стеклолакоткани или другой аналогичной изоляцией и стеклянной лентой. Места изолирования промазывают эмалью и сушат. Изоляцию выводных кабелей в местах выхода из корпуса машины предохраняют резиновыми или деревянными втулками, которые устанавливают в корпус.

В собранном индукторе проверяют правильность чередования полярности полюсов. Схема проверки правильности чередования полярности главных полюсов с обмоткой возбуждения показана на рис. 21-17. К выводам  $H1—H6$  обмотки подключают постоянный ток.

Внутри индуктора вводят компас или иголку, подвешенную за середину на нити, и поочередно подносят к каждому полюсу. Полярность полюсов должна чередоваться. Также проверяют чередование полярности дополнительных полюсов. Необходимо также, чтобы чередование полярности главных полюсов относительно чередования полярности дополнительных полюсов было вполне определенным.

Чередование полярности главных и добавочных полюсов зависит от направления вращения якоря и режима работы машины (в качестве двигателя или генератора). У генераторов, если смотреть по направлению вращения якоря, после главного полюса имеется добавочный полюс другой полярности, а у двигателя — добавочный полюс той же полярности. При расположении на одном полюсе нескольких катушек их намагничивающие силы можно направить согласно или встречно в зависимости от схемы машины.

Затем собирают подшипниковый щит (см. рис. 13-17), устанавливаемый со стороны коллектора, с комплектом щеткодержателей и щеток. Траверсу, пальцы щеткодержателей, щеткодержатели устанавливают по меткам.

После сборки индуктора, щита и якоря проводят сборку машины. Якорь заводят в машину вручную или с помощью приспособления (см. рис. 13-6) и опускают на полюса. Затем надевают с обеих сторон подшипниковые щиты, наживляют болты и, заворачивая их, обеспечивают смыкание замков щита и корпуса. При этом для облегчения смыкания замков можно слегка приподнять щит.

В крышках подшипников на  $2/3$  заполняют смазкой камеру под смазку, устанавливают крышку на место и заворачивают болты. На коллектор опускают щетки, выставляют их на коллекторе в аксиальном направлении и регулируют нажатие пружин. После установки производят их притирку (см. гл. 13). Собранные машины подвергают испытаниям.

Изоляцию машин постоянного тока испытывают напряжением промышленной частоты в соответствии с табл. 21-2.

Испытуемый элемент	Испытательное напряжение, кВ	Примечания
Обмотки: машин на номинальное напряжение до 100 В  машин на напряжение свыше 100 В и мощностью до 1000 кВт машин на напряжение свыше 100 В и мощностью свыше 1000 кВт возбуждателей синхронных генераторов  возбуждателей синхронных двигателей и синхронных компенсаторов Бандажи якоря Реостаты и пускорегулирующие резисторы	1,6 $U_n + 0,8$  1,6 $U_n + 0,8$ , но не менее 1,2 1,6 $U_n + 0,8$  8 $U_n$ , но не менее 1,2 и не более 2,8 8 $U_n$ , но не менее 1,2 1,0 1,0	Проводится у машин мощностью более 3 кВт          То же Можно испытывать совместно с изоляцией цепей возбуждения

#### Контрольные вопросы

1. Что входит в дефектацию машин постоянного тока при капитальном ремонте?
2. Как выполняют ремонт обмоток якорей?
3. Как выполняют ремонт коллектора?
4. Как производят бандажирование обмоток якорей?
5. Расскажите об отделке якорей.
6. Расскажите о ремонте полюсов.
7. Как собирают электрические машины постоянного тока?

## Глава 22. РЕМОНТ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

### § 22-1. Виды и причины повреждений пускорегулирующей аппаратуры

Пускорегулирующая аппаратура имеет следующие виды повреждений: чрезмерный нагрев катушек пускателей, контакторов и автоматов, межвитковые замыкания и замыкания на корпус катушек; чрезмерный нагрев и износ контактов; неудовлетворительная изоляция; механические неполадки.

Причина опасного перегрева катушек переменного тока — заклинивание якоря электромагнита в его разомкнутом положении и низкое напряжение питания катушек. При этом магнитная катушка потребляет больший ток, чем при втянутом якоре и нормальном напряжении, вследствие чего она быстро перегревается и выходит из строя.

Межвитковые замыкания могут произойти вследствие климатических воздействий на катушку (повышенная влажность, резкие

изменения температуры окружающей среды, наличие в ней вредных для изоляции примесей и т. п.), а также вследствие плохой намотки катушек, особенно если витки, прилегающие к фланцам каркаса катушки, соскальзывают в расположенные ниже слои, вследствие чего возникают относительно большие разности напряжений, повреждающие межвитковую изоляцию. Межвитковые замыкания происходят главным образом в катушках переменного тока, так как у них межвитковые амплитудные напряжения больше, чем у катушек постоянного тока; кроме того, они подвержены усиленным сотрясениям от вибрирующего стального каркаса.

Замыкание на корпус происходит в случае неплотной посадки бескаркасной катушки на железном сердечнике; возникающие в системе вибрации приводят к перетиранию изоляции катушки и ее отводов, вследствие чего происходит замыкание на заземленный стальной корпус аппарата.

На нагрев контактов влияют токовая нагрузка, давление, размеры и раствор контактов, а также условия охлаждения и окисление их поверхности, механические дефекты в контактной системе. При сильном нагреве контактов повышается температура соседних частей аппарата и, как следствие, разрушается изоляционный материал. При неблагоприятных условиях гашения электрической дуги контакты окисляются. На соприкасающихся поверхностях образуется плохо проводящий слой.

Износ контактов зависит от силы тока, напряжения и продолжительности горения электрической дуги между контактами, частоты и продолжительности включений, качества и твердости материала. Установлено, что в пределах твердости *HV 30—90* (по Бринеллю) интенсивность обгорания резко убывает, а при более высокой твердости снижается незначительно, поэтому упрочнять материал контактов свыше указанного предела нецелесообразно.

На степень обгорания влияет форма и размер контактов. При слишком большой ширине контактов (более 30 мм) боковая составляющая тока и магнитное поле в контакте сильно увеличиваются, электрическая дуга «вторгается» в стенку дугогасительной камеры и остается в этом положении, разрушая контакты и стенки камеры.

Неисправность изоляции проявляется в виде образования на ее поверхности токов утечки (пробой изоляции очень редки), поэтому необходимо защищать ее от скопления грязи и пыли. Большая часть всех неисправностей вызывается увлажнением изоляции и ее нарушением во время строительно-монтажных работ и транспортировки.

Механические неполадки в аппаратах возникают в результате образования ржавчины, механических поломок осей, пружин, подшипников и других конструктивных элементов. Механические неполадки, вызванные износом или усталостными явлениями, происходят из-за плохой смазки подвижных частей, скапливания влаги, применения в конструкциях, работающих на удар, материалов либо очень хрупких, либо мягких.

## § 22-2. Ремонт и регулировка контактов и механических деталей контактора

Перед ремонтом осматривают все основные части контактора, чтобы установить, какие детали подлежат замене и восстановлению. Лучше всего пользоваться заводскими запасными частями и лишь в случае их отсутствия изготавливать новые. Ремонт контакторов сводится прежде всего к восстановлению контактов. При небольшом обгорании контактной поверхности ее очищают от копоти и наплывов обычным личным напильником и стеклянной бумагой. Зачистку нужно производить осторожно, снимая небольшой слой металла. Смазывать контактные поверхности не рекомендуется, так как при возникновении дуги смазка сгорает и загрязняет поверхность, ухудшая условия работы контакта. Однако если поверхность контактов покрыта слоем серебра, чистить их напильником не рекомендуется. В случае сильного обгорания контактов необходима их замена. Для изготовления контактов применяют медные цилиндрические или фасонные прутки из твердой меди марки М-1.

Контакты (рис. 22-1) в виде заклепок (а), винтов (б), болтов (в) и гаек (г) изготавливают обточкой на токарных, токарно-револьверных или токарно-винторезных станках. Профили новых контактов контакторов и контроллеров (рис. 22-2) для плавного перекапывания контакта должны строго соответствовать профилю поверхности сменяемого контакта.

При изготовлении этих контактов прутки зажимают в машинные тиски или специальное приспособление с губками данного профиля и на горизонтально-фрезерном станке разрезают на требуемые отрезки. При этой операции важно обеспечить параллельность сторон и точный размер ширины отрезаемого профиля

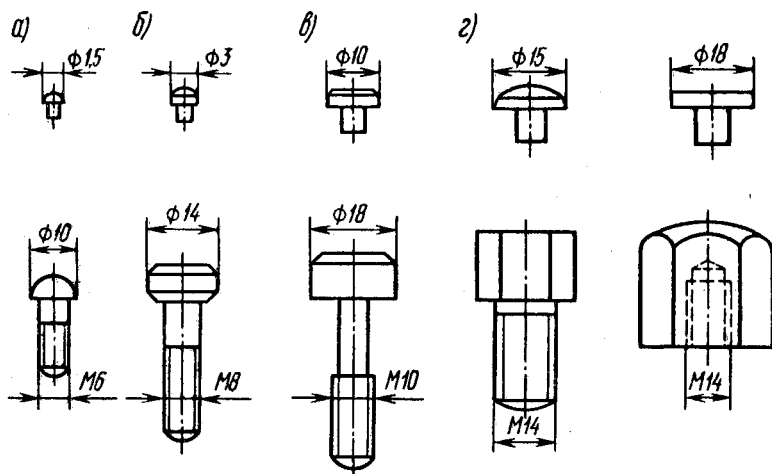


Рис. 22-1. Виды контактов

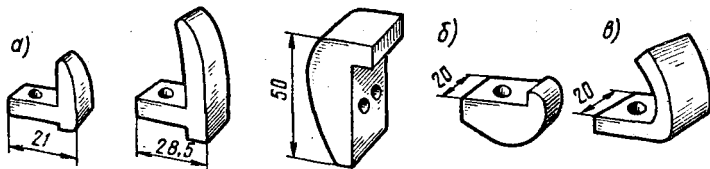


Рис. 22-2. Медные контакты из прутков фасонных сечений (профилей):  
 а — подвижные контакты контакторов; б — неподвижный контакт барабанного контроллера; в — контакт контактора КП-1

( $\pm 0,2$ ); образовавшиеся на заготовке заусенцы опиливают напильником и лишь после этого в заготовке сверлят или нарезают резьбу.

После ремонта контактной системы проводят ее регулировку. Регулировка работы контактной системы является одной из наиболее ответственных операций ремонта, от которой зависит нормальная работа аппарата. Контакты различного назначения должны включаться и отключаться в установленной последовательности, а контакты фаз, выполняющих одну функцию, должны срабатывать одновременно. Если в процессе регулирования начальные нажатия при новых контактах не укладываются в нормируемые заводом пределы, необходимо сменить соответствующие контактные пружины. Степень нажатия контактов проверяют в двух положениях — когда они разомкнуты (начальное нажатие) и когда замкнуты (конечное нажатие) (гл. 13).

При ремонте контакторов придерживаются паспортных величин нажатия контактов. Отклонение от них в ту или иную сторону может привести к неустойчивой работе контактора, вызывая его перегрев и сваривание контактов.

### § 22-3. Ремонт и испытание изоляционных частей, дугогасительных камер, катушек контакторов и магнитных пускателей

Вышедшие из строя изоляционные детали заменяют деталями из штампованной пластмассы (гетинакс, текстолит). Для ремонта дугогасительных камер применяют фибру, так как она меньше всего подвержена действию электрической дуги. Обгоревшие от действия дуги части дугогасительных камер заменяют, а образовавшиеся неровности на внутренней поверхности сглаживают с помощью смеси из измельченного асбеста и цемента марки 400 или 500.

Рассмотрим определение числа витков и сечения обмотки. Ремонт катушек контакторов — сложная и ответственная операция. Как правило, неисправную катушку заменяют новой. Перед изготовлением новой катушки определяют число витков ее обмотки и диаметр провода. Новое число витков должно точно соответствовать старому. Несоблюдение этого условия может привести к изме-



нению параметров работы контактора. Выбор прежнего диаметра провода необходим для сохранения размеров катушки. Если данные о числе витков и диаметре провода катушки утеряны, пользуются каталожными обмоточными данными.

Рассмотрим пересчет обмоток с одного номинального напряжения на другое. Если необходима перемотка катушки с одного номинального напряжения на другое, то пересчет проводят так:

$$\omega_1/\omega_2=U_1/U_2, \text{ откуда } \omega_2=\omega_1 U_2/U_1.$$

Сечение проводов обмотки обратно пропорционально напряжениям:

$$S_1/S_2=U_2/U_1 \text{ или } d_1^2/d_2^2=U_2/U_1,$$

откуда  $d_2=d_1 \sqrt{U_1/U_2}$ , где  $\omega_1$  и  $\omega_2$  — число витков катушек;  $U_1$  и  $U_2$  — напряжение;  $S_1$  и  $S_2$  — сечение провода;  $d_1$  и  $d_2$  — диаметр провода.

Геометрические размеры катушки при пересчете остаются неизменными. Приведенная методика пересчета обмоточных данных применима для всех катушек контакторов и пускателей постоянного и переменного тока.

По конструкции катушки могут быть каркасными и бескаркасными. Каркасные катушки представляют собой каркас, изготовленный из изоляционного материала, на который намотана обмотка. Каркасы могут быть прессованные, сборные или клееные (рис. 22-3). Бескаркасные катушки (рис. 22-4) наматывают на шаблоне, а затем снимают с него и скрепляют витки.

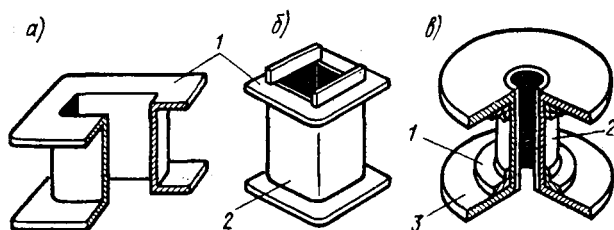


Рис. 22-3. Каркасы катушек:

а — прессованные; б — сборные; в — клееные; 1 — щека; 2 — гильза; 3 — шайба

Вышедшую из строя обмотку удаляют с каркаса следующим образом. Катушку зажимают в тиски. Чтобы не повредить каркас, между ним и губками устанавливают смягчающие прокладки. Разрезают ножом провод катушки и удаляют обмотку. Каркас бензином очищают от грязи, лака, масел и вытирают его насухо. При обнаружении на каркасе трещины ее склеивают. Для этого на чистую поверхность трещины наносят последовательно с перерывом 10—15 мин два слоя клея БФ-2. Спустя 5-10 мин после просушки на открытом воздухе стягивают трещину хлопчатобумажной

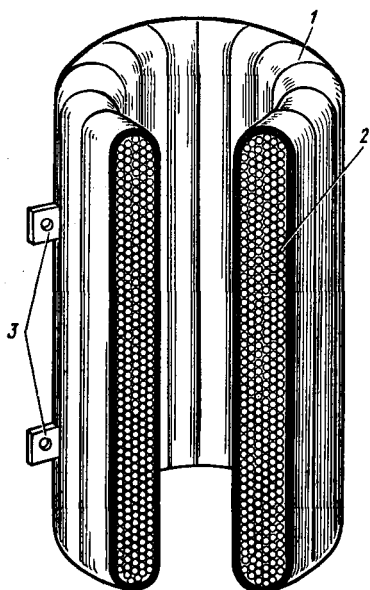


Рис. 22-4. Бескаркасная катушка:

1 — киперная лента; 2 — обмотка с межслоевой изоляцией; 3 — жесткие выводы

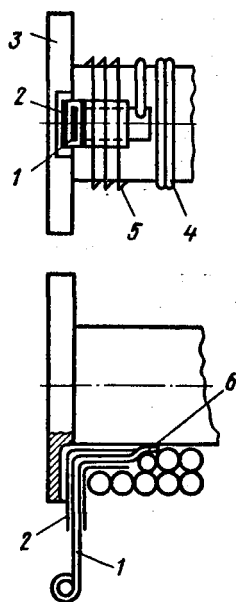


Рис. 22-5. Выводы с флажком:

1 — флажок; 2 — локоткань; 3 — каркас; 4 — обмотка; 5 — бандажировочная нить; 6 — место пайки

лентой и сушат каркас в печи при температуре 100—110 °С в течение 2 ч. Затем снимают стягивающую хлопчатобумажную ленту.

Затем подбирают намоточный провод и начинают намотку. Конец провода на длине 5 мм зачищают от изоляции и облуживают припоем ПОС-30. В пазы каркаса устанавливают токопроводящие клеммы и припаивают к ним конец облуженного провода. Место пайки изолируют полоской изоляции. В том случае, когда каркас не имеет токопроводящих клемм, вывод делают монтажным проводом. Для этого монтажный провод и провод намотки спаивают, место пайки изолируют и монтажный провод прибандажируют нитками к гильзе катушки, вывод можно также сделать флажковый (рис. 22-5). Сделав вывод, каркас устанавливают на намоточный станок и производят намотку катушки.

Для установки каркаса на станок в окно устанавливают оправку, которая крепится в центрах станка. В случае, если окно каркаса имеет квадратную форму, каркас можно установить, поджимая конусами. При намотке следят за правильным натяжением провода. Намотка должна быть рядовой, т. е. витки должны располагаться ровными рядами и плотно прилегать друг к другу. Между слоями обмотки укладывают межслойную изоляцию из конденсаторной бумаги толщиной 0,02—0,03 мм. Второй вывод катушки делают аналогично первому.

Бескаркасные катушки наматывают на оправку, имеющую конус 1:100 для удобства снятия катушки после намотки. Выводы выполняют из медных предварительно луженых полосок, имеющих форму, показанную на рис. 22-6. От обмотки их изолируют прокладками. Концы обмоток предварительно крепят к катушке нитками и припаивают к выводам. Место пайки оборачивают изоляционной прокладкой, имеющей вырез для вертикальной части вывода. После намотки катушки снимают с оправки и изолируют лентами. Сначала накладывают ленты, обеспечивающие электрическую прочность изоляции, а затем один слой ленты для предохранения от механических повреждений.

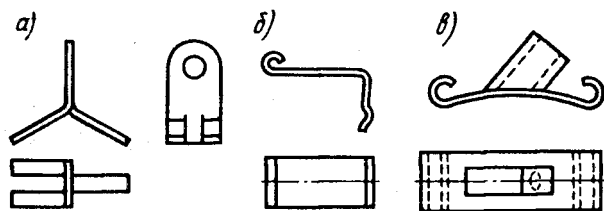


Рис. 22-6. Типы жестких выводов:  
а — угольник; б — флажок; в — пластинка и гайка

После намотки и изоляции катушек их подвергают пропитке. Технология пропитки аппаратных катушек аналогична технологии пропитки обмоток электрических машин (см. гл. 20) и выполняется очень часто на том же оборудовании. В отдельных случаях несколько изменяются режимы пропитки и сушки. Аппаратные катушки по сравнению с обмотками электрических машин имеют большее количество витков и намотаны из более тонкого провода. Поэтому проникновение лака в глубь обмотки и сушка его более затруднительны. Наиболее качественная пропитка получается на вакуумпропиточных установках.

После окончания пропитки катушку покрывают покровной эмалью и крепят к ней табличку с паспортными данными. Готовую катушку необходимо испытать на прочность изоляции переменным напряжением 50 В при частоте 50 Гц в течение 1 мин. Сопротивление изоляции катушки после испытания должно быть не менее 0,5 МОм.

Рассмотрим ремонт магнитных пускателей. Этот ремонт по своему характеру мало чем отличается от ремонта контакторов. Особенность ремонта магнитных пускателей — смена неисправных катушек и тепловых элементов. При изготовлении новых катушек необходимо сохранять ее конструкцию (обмоточные данные берут из паспорта). Тепловые элементы пускателей в условиях мастерских ремонтировать трудно, поэтому если тепловой элемент вышел из строя, его обычно заменяют новым, заводским, выбрав его номер по инструкции к пускателю в зависимости от номинального тока двигателя, который будет включаться данным пускателем.

Рассмотрим теперь проверку и испытание отремонтированной электроаппаратуры. После сборки отремонтированного контактора (пускателя) его проверяют. Если при включении появляется сильный гул, то аппарат отключают и проверяют затяжку болтовых и винтовых соединений, а также пригонку обеих частей магнитопровода. Для этого лист копировальной бумаги копирующей стороной подкладывают к листу белой бумаги и закладывают в разъем магнитопровода. Затем, замыкая контактор вручную, по величине отпечатавшейся на белой бумаге метки определяют степень пригонки магнитопровода. Для нормальной работы контактора поверхность соприкосновения обеих половин должна составлять не меньше 70 % их поперечного сечения.

Для подгонки контактора регулируют механическую систему или отшлифовывают поверхности соприкосновения вдоль слоев стали. После этого испытывают изоляцию повышенным напряжением промышленной частоты. Величина испытательного напряжения изоляции катушек равна 1000 В, продолжительность испытания — 1 мин.

Кроме того, проверяют затяжку винтов и болтов, легкость и точность хода подвижных частей, отсутствие заданий в подшипниках и трущихся поверхностях, наличие смазки (там, где это нужно) и отсутствие в аппарате пыли, грязи и посторонних предметов.

#### § 22-4. Ремонт рубильников и реостатов

В рубильниках наиболее подверженными износу являются точки соприкосновения ножей и губок. При небольшом обгорании ножей и губок им делают мелкий восстановительный ремонт — осторожно, не снимая много металла, очищают обгоревшие поверхности от копоти, наплывов и других неровностей личным напильником и стеклянной бумагой. В случае сильного обгорания ножи и губки заменяют. Для изготовления ножей и губок используют твердую неотожженную полосовую или листовую медь и латунь, а также фосфористую, бериллиевую и алюминиевую бронзу; для изготовления пружин — круглую рольную проволоку или полосовую пружинную сталь. Размеры и конфигурация изготавливаемых деталей обычно соответствуют прежним размерам.

При сборке рубильника болты шарнирного соединения ножей со стойками снабжают тарельчатыми шайбами, а губки — пружинами. Все болтовые соединения туго затягивают, не допуская при этом перекоса ножей по отношению к губкам. Для увеличения срока службы шарнирных контактов их очищают от грязи бензином и смазывают техническим вазелином. Изношенные шарниры заменяют новыми, изготовленными в точном соответствии со старыми.

Рубильники проверяют на одновременность замыкания и размыкания всех фаз. Для этого на ввод рубильника подают питание, а на выходе в каждой фазе присоединяют лампочку, вторые концы

которых заземляют. При медленном включении и выключении рубильника лампочки должны загораться и гаснуть одновременно. Качество ремонта и регулирования рубильников и переключателей проверяют 10—15-кратным включением и отключением; при этом не должно быть признаков нарушения регулировки.

Одним из способов контроля качества контактных соединений отремонтированных рубильников и переключателей является измерение падения напряжения между их контактными частями при прохождении через них постоянного тока, равного номинальному току аппарата. Источником постоянного тока могут служить дингатель-генератор с генератором постоянного тока, понижающий трансформатор с выпрямляющим устройством и др.

Электрические сопротивления обычно состоят из нескольких отдельных элементов — проволочных и ленточных, бескаркасных и каркасных, штампованных сопротивлений, чугушных и др. Наиболее частый вид поломки реостата — перегорание проволочных элементов сопротивлений, которые необходимо изготавливать заново. Проволочные и ленточные элементы сопротивлений изготавливают из проволоки или ленты медно-никелевых, марганцово-медных, хромоникелевых, железохромоалюминиевых сплавов, а также из стальной низкоуглеродистой проволоки.

Контактные зажимы на концах элементов в зависимости от величины и диаметра провода или ленты выполняют одним из следующих методов: надеванием и закреплением винтом хомутика, выполненного из высокоомного материала; образованием контактных колец под болт; закреплением штампованных контактных зажимных наконечников на проволоке большого диаметра или ленте; сверлением отверстий в ленте.

При выходе из строя щеточных контактов реостата их заменяют новыми, изготовленными из медных пластин. Длину полос рассчитывают на два контакта. В пластинах сверлят или штампуют отверстия для заклепок и болтов, крепящих пакет. После сборки пластин в пакет его разрезают на два контакта, последние очищают от заусенцев, образовавшихся при разрезке.

На предприятиях в качестве реостатов применяют ящики сопротивлений с чугунными элементами, которые работают в тяжелых условиях нагрева (до 300—400 °С), сотрясений, вибраций. Для капитального ремонта ящики сопротивления снимают с рабочего места, доставляют в мастерскую и полностью разбирают. Если ящики исполнены нестандартно, то составляют схему соединений чугунных элементов и расположения выводных зажимов. Стержни с поврежденной резьбой заменяют новыми. Если стержни имеют исправную резьбу, а пересохла и повреждена изоляция, то ее заменяют новой. В качестве изоляции применяют миканит и стекломиканит для внутренних изоляционных слоев и асбестовую бумагу для наружных слоев. Поврежденные изоляторы не ремонтируют, а заменяют новыми. При отсутствии запасных фарфоровых изоляторов их заменяют пластмассовыми (с теплотойкими наполнителями) или прессуют из асбестоцементной массы.

Сборка ящиков проста и при наличии соответствующего чертежа, эскиза или образца затруднений не вызывает. После ремонта (с разборкой) у каждого ящика измеряют омическое сопротивление и проводят испытание изоляции стержней от корпуса и от элементов переменным током напряжением 1000 В в течение 1 мин. Отклонение омического сопротивления для всего комплекта элементов и между отдельными зажимами не должно превышать 10 % от номинального значения.

Ремонт элементов коммутирующего или переключающего устройства реостатов заключается в замене поврежденных контактов, контактных шин и изоляционной панели при ее короблении или выгорания в районе отдельных контактов. Сработанные подвижные контакты либо заменяют запасными, либо их контактные поверхности зачищают шкуркой или зашлифовывают личным напильником так, чтобы они не имели острых кромок и передвигались по неподвижным контактам без заеданий и без лишнего трения; затем проверяют их коммутацию.

*Контрольные вопросы*

1. Какие возможны повреждения пускорегулирующей аппаратуры?
2. Как ремонтируют контакты?
3. Как ремонтируют обмотки?
4. Как ремонтируют рубильники и реостаты?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройств электроустановок.— М.: Атомиздат, 1977, 1981.
2. Инструкция по монтажу электропроводок в жилых и культурно-бытовых зданиях.
3. Электротехнические устройства. Правила организации и производства. Приемка в эксплуатацию СНиП Ш-П. 6—67.— М.: Стройиздат, 1968.
4. Справочник по организации и механизации электромонтажных работ, 2-е изд.— М.: Энергия, 1979.
5. *Корнилов Ю. В.* Слесарь-электромонтажник.— М.: Высшая школа, 1981.
6. *Бирюков Ю. С., Быков Б. Ф., Кингель В. А.* Монтаж контактных соединений в электроустановках.— М.: Энергия, 1980.
7. *Гнесин А. М., Пирогов Е. В.* Монтаж электроустановок во взрывоопасных зонах.— М.: Энергоиздат, 1982.
8. *Елкин Ю. С.* Монтаж электрических машин и трансформаторов.— М.: Энергия, 1979.
9. *Дубовский К. Н.* Электрооборудование мостовых кранов.— М.: Энергия, 1980.
10. *Пантелеев Е. Г.* Монтаж кабельных линий.— М.: Энергия, 1979.
11. *Магидин Ф. А.* Сооружение воздушных линий электропередачи.— М.: Высшая школа, 1979.
12. *Виноградов Д. Е.* Монтаж проводов 35 кВ и выше.— Л.: Энергия, 1979.
13. *Комнев В. Н.* Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок.— М.: Высшая школа, 1981.
14. *Корнилович О. П.* Техника безопасности при электромонтажных и наладочных работах.— М.: Энергия, 1980.
15. *Зак С. М., Пленковский Ю. А.* Монтаж светильников с газоразрядными лампами.— М.: Энергоиздат, 1982.
16. *Живов М. С.* Монтаж подстанций промышленных предприятий. Библиотека электромонтера.— М.: Энергоиздат, 1981.
17. *Живов М. С.* Электромонтажник по распределительным устройствам промышленных предприятий.— М.: Высшая школа, 1982.
18. Нормы испытания электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей.— М.: Энергоиздат, 1982.
19. *Фалалеев П. П., Поконов Н. З.* Опыт сооружения энергообъектов для магистральных трубопроводов в Западной Сибири.— Промышленная энергетика, 1983, № 3.
20. *Поконов Н. З.* Электроэнергетика нефтепроводного транспорта.— М.: Недра, 1977.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
<b>Раздел I. Монтаж электрооборудования и электроустановок . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>Глава 1. Общие вопросы монтажа электрооборудования . . . . .</b>	<b>7</b>
§ 1-1. Организация строительства и структура электромонтажных организаций . . . . .	7
§ 1-2. Инженерная подготовка производства . . . . .	8
§ 1-3. Техническая документация и общие условия производства электромонтажных работ . . . . .	13
§ 1-4. Организация работ . . . . .	16
<b>Глава 2. Монтаж внутренних электрических сетей . . . . .</b>	<b>18</b>
§ 2-1. Требования к электропроводам. Определения . . . . .	18
§ 2-2. Подготовка трассы и крепление электропроводок . . . . .	22
§ 2-3. Прокладка проводов в жилищном крупнопанельном и крупноблочном строительстве . . . . .	28
§ 2-4. Прокладка плоских проводов . . . . .	31
§ 2-5. Прокладка проводов в стальных трубах . . . . .	33
§ 2-6. Монтаж проводов в пластмассовых трубах . . . . .	38
§ 2-7. Тросовые и струнные проводки . . . . .	41
§ 2-8. Прокладка кабелей марок СРГ, НРГ, ВРГ, проводов АТПРФ, ПРП и других . . . . .	44
§ 2-9. Электропроводки в лотках и коробах . . . . .	46
§ 2-10. Монтаж шинпровода . . . . .	50
§ 2-11. Монтаж проводок во взрывоопасной среде . . . . .	54
§ 2-12. Монтаж наружной проводки, проводки на чердаках и вводы в здания . . . . .	62
§ 2-13. Монтаж защитного заземления . . . . .	64
§ 2-14. Монтаж электрического соединения . . . . .	68
§ 2-15. Монтаж групповых осветительных щитков и светильников . . . . .	76
§ 2-16. Техника безопасности при монтаже проводок . . . . .	80
<b>Глава 3. Монтаж кабельных линий напряжением до 10 кВ . . . . .</b>	<b>80</b>
§ 3-1. Область применения кабельных линий и общие требования к ним . . . . .	80
§ 3-2. Элементы конструкции силового кабеля и их назначение . . . . .	82
§ 3-3. Хранение и подготовка кабелей для прокладки. Прокладка кабелей . . . . .	84
§ 3-4. Монтаж кабельных концевых заделок и концевых соединительных и ответвительных муфт . . . . .	93
§ 3-5. Техника безопасности при монтаже кабелей . . . . .	97
<b>Глава 4. Монтаж воздушных линий электропередачи . . . . .</b>	<b>98</b>
§ 4-1. Общие требования к воздушным линиям и определения . . . . .	98
§ 4-2. Подготовительные и строительно-монтажные работы . . . . .	103
§ 4-3. Раскатка проводов . . . . .	107
§ 4-4. Соединение и ремонт проводов и тросов . . . . .	109
§ 4-5. Натяжка и закрепление проводов . . . . .	110
§ 4-6. Защита воздушных линий от перенапряжений; заземление . . . . .	114
§ 4-7. Особенности монтажа воздушных линий напряжением до 1000 В . . . . .	116
§ 4-8. Техника безопасности . . . . .	117
<b>Глава 5. Монтаж электрооборудования трансформаторных подстанций</b>	
§ 5-1. Общие требования к устройству подстанций промышленных предприятий . . . . .	118
§ 5-2. Последовательность работ по монтажу подстанций . . . . .	120
§ 5-3. Монтаж заземляющих устройств, изоляторов и ошиновки . . . . .	122
§ 5-4. Монтаж разъединителей, выключателей нагрузки, масляных выключателей и приводов . . . . .	128



§ 5-5. Токоограничивающие аппараты — предохранители высокого напряжения, реакторы и разрядники . . . . .	138
§ 5-6. Монтаж трансформаторов тока и напряжения . . . . .	141
§ 5-7. Монтаж и испытания комплектных распределительных устройств и комплектных трансформаторных подстанций . . . . .	145
§ 5-8. Монтаж и сборка силовых трансформаторов . . . . .	150
§ 5-9. Монтаж вторичных цепей . . . . .	162
§ 5-10. Монтаж аккумуляторных батарей и статических конденсаторных установок . . . . .	165
§ 5-11. Техника безопасности . . . . .	168
<b>Глава 6. Монтаж электрических машин и аппаратов управления . . . . .</b>	<b>169</b>
§ 6-1. Общие требования к электрическим машинам и определения . . . . .	169
§ 6-2. Подготовительные работы . . . . .	171
§ 6-3. Монтаж электрических машин . . . . .	173
§ 6-4. Сушка электрических машин . . . . .	180
§ 6-5. Монтаж аппаратов управления . . . . .	181
§ 6-6. Техника безопасности . . . . .	183
<b>Глава 7. Монтаж электрооборудования кранов . . . . .</b>	<b>184</b>
§ 7-1. Общие сведения . . . . .	184
§ 7-2. Монтаж троллеев и электропроводки . . . . .	187
§ 7-3. Монтаж электрических машин и аппаратов . . . . .	190
§ 7-4. Техника безопасности . . . . .	191
<b>Раздел II. Эксплуатация электрооборудования и электроустановок . . . . .</b>	<b>192</b>
<b>Глава 8. Организация эксплуатации энергетического хозяйства . . . . .</b>	<b>192</b>
§ 8-1. Задачи эксплуатации и управления энергетическим хозяйством . . . . .	192
§ 8-2. Организация и содержание планово-предупредительного ремонта . . . . .	196
§ 8-3. Порядок приемки в эксплуатацию вновь смонтированного электрооборудования и сетей . . . . .	201
<b>Глава 9. Эксплуатация электрических внутрицеховых сетей и осветительных электроустановок . . . . .</b>	<b>203</b>
§ 9-1. Приемка в эксплуатацию внутрицеховых электросетей и осветительных электроустановок после монтажа . . . . .	203
§ 9-2. Эксплуатация внутрицеховых электросетей . . . . .	204
✓ § 9-3. Эксплуатация осветительных электроустановок . . . . .	207
§ 9-4. Особенности эксплуатации газоразрядных источников света и металлогалогенных ламп для световодов . . . . .	209
§ 9-5. Техника безопасности . . . . .	212
<b>Глава 10. Эксплуатация кабельных линий . . . . .</b>	<b>213</b>
§ 10-1. Документация на приемку кабельных линий в эксплуатацию . . . . .	213
§ 10-2. Эксплуатация кабельных линий . . . . .	214
§ 10-3. Испытания и определение мест повреждения в кабельных линиях . . . . .	218
§ 10-4. Техника безопасности . . . . .	222
<b>Глава 11. Эксплуатация воздушных линий электропередачи напряжением до 110 кВ . . . . .</b>	<b>223</b>
§ 11-1. Приемка воздушных линий в эксплуатацию . . . . .	223
§ 11-2. Осмотры ЛЭП; охранная зона; защита от гололеда, «пляски», вибрации проводов и тросов . . . . .	225
§ 11-3. Профилактические испытания и измерения на линиях электропередачи . . . . .	229
<b>Глава 12. Эксплуатация трансформаторных подстанций . . . . .</b>	<b>230</b>
§ 12-1. Приемка в эксплуатацию трансформаторных подстанций . . . . .	230
§ 12-2. Обслуживание подстанций и распределительных устройств . . . . .	237
§ 12-3. Сроки осмотров, ремонта и профилактических испытаний электрооборудования подстанций и распределительных устройств . . . . .	241
§ 12-4. Оперативные переключения . . . . .	242
§ 12-5. Эксплуатация силовых трансформаторов . . . . .	244

§ 12-6. Эксплуатация трансформаторного масла . . . . .	252
§ 12-7. Эксплуатация комплектных конденсаторных установок . . . . .	256
§ 12-8. Эксплуатация кислотных аккумуляторных батарей . . . . .	257
§ 12-9. Эксплуатация приборов релейной защиты, электроизмерительных приборов, устройств автоматики, телемеханики и связи . . . . .	260
§ 12-10. Техника безопасности . . . . .	261
<b>Глава 13. Эксплуатация электроприводов и пускорегулирующей аппаратуры . . . . .</b>	<b>262</b>
§ 13-1. Приемка вновь вводимых в эксплуатацию электроприводов и пускорегулирующей аппаратуры . . . . .	262
§ 13-2. Осмотр электроприводов и контроль за их работой при техническом обслуживании . . . . .	267
§ 13-3. Техническое обслуживание и текущий ремонт подшипников качения в электрических машинах . . . . .	271
§ 13-4. Техническое обслуживание и текущий ремонт подшипников скольжения в электрических машинах . . . . .	277
§ 13-5. Техническое обслуживание и текущий ремонт обмоток электрических машин . . . . .	279
§ 13-6. Техническое обслуживание и текущий ремонт щеточно-коллекторного узла . . . . .	280
§ 13-7. Техническое обслуживание и текущий ремонт аппаратуры . . . . .	286
§ 13-8. Обнаружение неисправностей электроприводов . . . . .	289
§ 13-9. Техника безопасности . . . . .	291
<b>Глава 14. Эксплуатация электрооборудования кранов и подъемников . . . . .</b>	<b>292</b>
§ 14-1. Приемка в эксплуатацию электрооборудования вновь смонтированных кранов и подъемников . . . . .	292
§ 14-2. Эксплуатация и техническое обслуживание электрооборудования кранов и грузоподъемных машин . . . . .	294
§ 14-3. Техника безопасности . . . . .	297
<b>Глава 15. Техническое обслуживание электрооборудования электротермических и сварочных установок . . . . .</b>	<b>298</b>
§ 15-1. Прием в эксплуатацию электрооборудования электротермических и сварочных установок . . . . .	298
§ 15-2. Техническое обслуживание электротермических установок . . . . .	299
§ 15-3. Техническое обслуживание электросварочных установок . . . . .	302
<b>Раздел III. Ремонт электрооборудования . . . . .</b>	<b>304</b>
<b>Глава 16. Ремонт электрических внутрицеховых сетей и источников освещения напряжением до 1000 В . . . . .</b>	<b>304</b>
§ 16-1. Возможные повреждения и ремонт электросетей . . . . .	304
§ 16-2. Повреждения и ремонт шинопроводов и электрооборудования силовых и осветительных распределительных пунктов сетей и установок . . . . .	306
§ 16-3. Техника безопасности . . . . .	307
<b>Глава 17. Ремонт кабельных линий . . . . .</b>	<b>308</b>
§ 17-1. Ремонт кабелей со свинцовой оболочкой . . . . .	308
§ 17-2. Ремонт кабелей с поливинилхлоридной оболочкой . . . . .	309
§ 17-3. Ремонт концевых заделок, соединительных и концевых муфт . . . . .	310
§ 17-4. Техника безопасности . . . . .	312
<b>Глава 18. Ремонт воздушных линий напряжением до 110 кВ . . . . .</b>	<b>312</b>
§ 18-1. Перетяжка и регулировка проводов и смена изоляторов . . . . .	312
§ 18-2. Ремонт металлических опор и заземляющих устройств . . . . .	313
§ 18-3. Техника безопасности . . . . .	315
<b>Глава 19. Ремонт трансформаторов и электрооборудования подстанций . . . . .</b>	<b>316</b>
§ 19-1. Неисправности трансформаторов и организация их ремонта . . . . .	316
§ 19-2. Разборка трансформаторов и ремонт обмоток и магнитопровода . . . . .	319
§ 19-3. Ремонт выводов, бака, расширителя, выхлопной трубы, крышки, маслоуказателя и переключателя напряжений . . . . .	324

§ 19-4.	Сборка и испытание трансформаторов; ремонт и испытание измерительных трансформаторов; особенности ремонта сварочных трансформаторов . . . . .	329
§ 19-5.	Ремонт масляных и электромагнитных выключателей . . . . .	333
§ 19-6.	Ремонт контактных распределительных устройств, стационарных камер одностороннего обслуживания и испытание электрооборудования подстанций после ремонта . . . . .	334
§ 19-7.	Техника безопасности . . . . .	335
Глава 20.	Ремонт электрических машин переменного тока . . . . .	336
§ 20-1.	Организация электроремонтных цехов и участков на предприятии . . . . .	336
§ 20-2.	Разборка и дефектация асинхронных электродвигателей при ремонте . . . . .	337
§ 20-3.	Механический ремонт деталей и узлов . . . . .	345
§ 20-4.	Восстановление круглых обмоточных медных проводов . . . . .	350
§ 20-5.	Схемы обмоток и изоляция статоров с обмоткой из круглого провода . . . . .	352
§ 20-6.	Укладка обмоток из круглого провода в статор . . . . .	357
§ 20-7.	Укладка низковольтных обмоток из прямоугольного провода в статор . . . . .	360
§ 20-8.	Ремонт обмоток фазных роторов . . . . .	364
§ 20-9.	Пропитка обмоток статоров и роторов . . . . .	367
§ 20-10.	Ремонт высоковольтных катушечных обмоток статоров . . . . .	372
§ 20-11.	Ремонт обмоток короткозамкнутых роторов . . . . .	373
§ 20-12.	Сборка асинхронных электродвигателей после ремонта . . . . .	373
§ 20-13.	Испытания асинхронных двигателей после ремонта . . . . .	377
Глава 21.	Ремонт электрических машин постоянного тока . . . . .	379
§ 21-1.	Схемы обмоток якорей электрических машин постоянного тока . . . . .	379
§ 21-2.	Разборка и дефектация электрических машин постоянного тока при ремонте . . . . .	382
§ 21-3.	Ремонт обмоток якорей из круглого провода . . . . .	389
§ 21-4.	Ремонт обмоток якорей из прямоугольного провода . . . . .	392
§ 21-5.	Ремонт коллектора . . . . .	392
§ 21-6.	Бандажирование обмоток якорей и пайка коллектора . . . . .	394
§ 21-7.	Отделка якоря . . . . .	397
§ 21-8.	Ремонт обмоток полюсов . . . . .	397
§ 21-9.	Сборка электрических машин постоянного тока после ремонта . . . . .	399
Глава 22.	Ремонт пускорегулирующей аппаратуры . . . . .	401
§ 22-1.	Виды и причины повреждений пускорегулирующей аппаратуры . . . . .	401
§ 22-2.	Ремонт и регулировка контактов и механических деталей контактора . . . . .	403
§ 22-3.	Ремонт и испытание изоляционных частей, дугогасительных камер, катушек контакторов и магнитных пускателей . . . . .	404
§ 22-4.	Ремонт рубильников и реостатов . . . . .	408
Список литературы . . . . .		411

*Александр Филиппович Зюзин,  
Николай Захарович Поконов,  
Михаил Васильевич Антонов*

**Монтаж, эксплуатация  
и ремонт электрооборудования  
промышленных предприятий  
и установок**

Зав. редакцией *Н. И. Хрусталева*. Редактор *З. Г. Овсянникова*. Художественный редактор *В. И. Мешалкин*. Переплет художника *А. А. Акимова*. Технический редактор *Л. А. Григорчук*. Корректор *Р. К. Косинова*.

ИБ № 5470

Изд. № Стд-442. Сдано в набор 19.08.85. Подп. в печать 21.01.86. Т-05918. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 26 усл. печ. л. 26 усл. кр.-отт. 27,93 уч.-изд. л. Тираж 50 000 экз. Зак. № 43. Цена 1 р. 20 к.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглиная ул., д. 29/14.

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.